Ulrich Keim

Die Vorbereitung der industriellen Fertigung

Dissertation

1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548820_0015

Die Vorbereitung der industriellen Fertigung

- Eine industrietypologische Studie -

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
(Dr. rer. pol.)

an der Wirtschafts - und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Nürnberg

Vorgelegt von
Diplom - Kaufmann
Ulrich Keim
aus Sindelfingen

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Referent: Prof. Dr. Dr.h.c. Erich Schäfer
Korreferent: Prof. Dr. Eugen H. Sieber

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Juni 1970

I N H A L T

		Seite
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS		VI
1. Teil		
	ZIEL, AUFBAU UND GRUNDLAGEN DER UNTERSUCHUNG	1
I.	Die Aufgabe	1
II.	Vom Wesen und Nutzen typologischen Arbeitens	6
	1. Warum typologische Betrachtungsweise?	6
	2. Zum Begriff des Typus	9
	3. Wege der Typenbildung	11
	4. Schwierigkeiten betriebswirtschaftlicher Typenbildung	13
III.	Industrietypologische Merkmale und ihre Interdependenzen	15
	1. Auswahl und Definition typenbildender Merkmale	15
	2. Zur Kombination der Merkmalsausprägungen	17
IV.	Begriffe und Funktionen im Bereich der Fertigungsvorbereitung	19
	1. Die 'Arbeitsvorbereitung' - Begriff und Kritik	20
	2. Die fertigungsvorbereitenden Funktionen	23
	a) Der Begriff 'Industrielle Fertigung'	23
	b) Die Aufgaben der Fertigungsvorbereitung	24
	c) Überblick über die verschiedenen Versuche zur Gliederung fertigungsvorbereitender Funktionen	28
	3. Eigene Begriffsbildung	33
2. Teil		
	DER INHALT DER FERTIGUNGSVORBEREITUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN FERTIGUNGSVERHÄLTNISSEN	40
I.	Wahrnehmen fertigungswirtschaftlicher Interessen bei der Produktgestaltung	40
	1. Produktgestaltung bei ungeformten Fließgütern	42
	2. Produktgestaltung bei geformten Fließgütern	49
	3. Produktgestaltung bei Stückgütern	54
	4. Weitere Gesichtspunkte zur Einflußnahme der Fertigung auf die Produktgestaltung	60

		Seite
II.	Die Bestimmung der Produktarten und -mengen	65
	1. Die Absatzstruktur als Einflußfaktor	66
	2. Die Fertigungsstruktur als Einflußfaktor	72
III.	Ermittlung und Einsatz der Arbeitskräfte	81
	1. Anzahl und notwendige Qualifikation der Arbeitskräfte	81
	2. Ort, Termin und Dauer des Arbeitskräfteeinsatzes	87
IV.	Die Wahl der Betriebsmittel	91
	1. Begriffsabgrenzung - Die Wechselwirkung von Betriebsmittel- und Verfahrenswahl	91
	2. Der Einfluß von Erzeugnisgestalt und Fertigungsverfahren auf die Maschinenbestimmung	92
	3. Das Festlegen maschineller Anlagen in Abhängigkeit von Fertigungsarten und -systemen	94
	4. Zur Wahl der Sonderbetriebsmittel, besonders unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsart	99
V.	Planung des Fertigungsmaterials	104
	1. Einflußgrößen des Marktes	105
	a) Die Beschaffungsverhältnisse	105
	b) Die Absatzbedingungen	106
	2. Innerbetriebliche Einflußgrößen	107
	a) Der Wert eines Stoffes bzw. einer Materialart	108
	b) Die chemische Struktur der Fertigungsstoffe	111
	c) Art der Stoffverwertung und Technologie des Verfahrens	112
	d) Fertigungsart und Fertigungssystem	120
VI.	Festlegung des örtlichen Fertigungsablaufs	130
	1. Bestimmungsgründe für Fertigungsverfahren und -systeme	130
	2. Die produktindividuelle Arbeitsfolge bei Fertigungssystemen mit überwiegend mechanischer Technologie	132
	3. Gesichtspunkte zur Verfahrenswahl bei chemischen Prozessen	140

Seite

VII. Die zeitliche Ordnung des Fertigungsablaufs 146

1. Ziel, Voraussetzungen und Stufen der Terminierung 146

2. Bestimmung der Arbeitsgangzeiten 149

a) bei mechanischer Stoffumformung 149
b) bei chemischer Stoffumwandlung 153

3. Errechnung der Fertigungsdauer 154

a) Die Dauer gleichbleibender Fertigung im Fließsystem 155
b) Die Dauer wechselnder Fertigung im Werkstättensystem 159
c) Die Dauer einer Baustellenfertigung 163

4. Die Umrechnung von Zeiten in Termine 164

a) Terminierung bei gleichbleibender Fertigung im Fließsystem 167
b) Terminierung bei wechselnder Fertigung im Werkstättensystem 169
c) Terminierung bei Baustellenfertigung 182

3. Teil

INDUSTRIETYPEN GLEICHARTIGER FERTIGUNGSVORBEREITUNG 184

I. Erläuterungen zum Typisierungsversuch 184

II. Übersicht: Bildung von Fertigungstypen 185

LITERATURVERZEICHNIS VII

LEBENSLAUF XXIII

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

HdW	Handbuch der Wirtschaftswissenschaften, hrsg. von Karl Hax und Theodor Wessels, Köln und Opladen 1958.
HdSw	Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, hrsg. von Erwin v. Beckerath, Carl Brinkmann u.a., Stuttgart/Tübingen/Göttingen 1952 - 1968.
HWB	Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, begründet von Heinrich Nicklisch, hrsg. von Hans Seischab und Karl Schwantag, Stuttgart 1956 - 1962.
BFuP	Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfbF	Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Neue Folge der ZfhF
ZfhF	Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung

1. Teil

ZIEL, AUFBAU UND GRUNDLAGEN DER UNTERSUCHUNG

I. Die Aufgabe

Zum Thema 'Vorbereitung der Fertigung' wurde eine fast unübersehbare Zahl von Monographien und Aufsätzen geschrieben. Die Autoren sind Ingenieure, seltener Betriebswirte, Wissenschaftler und Praktiker. Die vorliegende Arbeit zeigt für die Probleme der Arbeits- bzw. Fertigungsvorbereitung keine Lösungswege, die nicht schon in Büchern und Fachzeitschriften dargelegt und zum großen Teil in Unternehmungen auch verwirklicht wurden. Welchen Zweck verfolgt also die Untersuchung? Die zwischen Produktgestaltung und Fertigung stehende "Fertigungsvorbereitung bestimmt das 'wie, womit, wo und wann' der Produktion; sie erstreckt sich somit auf Verfahren, Ort und Zeit der Fertigungsdurchführung". [1] So stark abstrahiert ähneln sich alle Definitionen, die das Aufgabengebiet der Fertigungsvorbereitung umreißen. Schwierigkeiten ergeben sich erst beim Versuch, die einzelnen Aufgaben zu beschreiben. So vielfältig uns Industriebetriebe in der Wirtschaft entgegentreten, sich unterscheiden nach technisch-wirtschaftlicher Struktur, nach Betriebsgröße, nach Aufbau und Ablauf der Fertigung, so individuell verschieden von Betrieb zu Betrieb sind Umfang, Bedeutung und Schwerpunkte der Fertigungsvorbereitung. Das folgt aus der zwangsläufig engen Verknüpfung von Planung und Durchführung jeder Produktion.

Betrachten wir Arbeiten über das Gebiet der Fertigungsvorbereitung, die sich laut Titel und Begriffsbestimmungen nicht von vornherein auf Teilprobleme oder bestimmte Fertigungsverhältnisse beziehen: Viele der Autoren weisen auf Merkmale hin, die Inhalt, Durchführung und organisatorisch-technische Hilfsmittel der Fertigungsvorbereitung be-

---

1) K. MELLEROWICZ, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 4. Auflage, Freiburg i.Br. 1958, 1. Bd., S. 213.

stimmen; nach den meist kurzen Hinweisen beschränken sie sich jedoch ausdrücklich oder stillschweigend auf das - wie SCHÄFER es nennt - "Musterbeispiel Maschinenbau". [1]

Für dieses Vorgehen lassen sich vor allem zwei Gründe finden. Der erste folgt aus der Entwicklung des Systems wissenschaftlicher Betriebsführung ('scientific management'), wie es von F.W. TAYLOR um die Jahrhundertwende begründet wurde [2]. "Wissenschaftliche Betriebsführung" soll besagen, daß der Betriebsprozeß systematisch vorausbedacht und geplant werden soll [3]. TAYLOR entwickelte seine Forderungen naturgemäß am Beispiel der Betriebe jener Zeit. Damals wurde die Industrie aber viel mehr als heute vom 'Maschinenbau' repräsentiert, genauer: von der Fertigung nach Auftrag, höchstens in kleinen Serien und im Werkstättensystem [4]. Der zweite Grund dürfte sein, daß sehr viele Aufgaben, die bei der Vorbereitung andersartiger Fertigungen gestellt werden, auch beim Bau von Maschinen auftreten und zudem hier besonders schwierig zu lösen sind. Daher beschäftigte sich die Fachliteratur mit neu auftretenden Fertigungsstrukturen verhältnismäßig wenig.

---

1) So z.B. A. STUBENRECHT, Arbeitsvorbereitung, in: Hütte, Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshütte), hrsg. v. Akad. Verein Hütte e.V., 5. Aufl., Berlin 1957, S. 547; W. KALVERAM jr., Arbeitsvorbereitung, in: Die Führung des Betriebes, Festschrift zum 60. Geburtstag von Wilhelm Kalveram, Berlin-Wien 1942, S.240; K. MELLEROWICZ, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, a.a.O., S. 213; K. DÖRKEN, Die betriebswirtschaftliche Bedeutung der Arbeitsvorbereitung im Industriebetrieb, Diss. Wien 1959, S. 19 ff.; E. KÖHLER, Arbeitsvorbereitung und wirtschaftliche Gestaltung der Fertigung, Diss. München 1951, insbes. S. 9, 20 und 246.

2) F.W. TAYLOR, Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung, München und Berlin 1913 und TAYLOR/WALLICHS, Die Betriebsleitung insbesondere der Werkstätten, 2. verm. Aufl., Berlin 1912.

3) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd.1, Die Produktion, 12. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1966, S.146.

4) BICKE war noch 1952 der Ansicht, daß man außerhalb der metallverarbeitenden Industrie "hinsichtlich der Arbeitsvorbereitung ... in allen anderen Industriezweigen fast durchweg noch Neuland" vorfinde.
BICKE, Karl, Arbeitsvorbereitung im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Organisation, Wiesbaden 1952, S. 9.

Die besonderen Schwierigkeiten in der Vorbereitung des 'Maschinenbaus' dürfen jedoch nicht dazu verführen, Erkenntnisse aus dieser Fertigungsstruktur ohne genaue Prüfung auf andere Verhältnisse zu übertragen: Es "sind nur wenige Aussagen der Industriebetriebslehre für alle Bereiche der Industrie allgemein gültig. Sobald man tiefer gehen will, ist man gezwungen, zu differenzieren, und zwar nicht einfach nach Industriezweigen, sondern nach dem Vorhandensein oder nicht Vorhandensein ganz bestimmter wirtschaftlicher und technischer Merkmalskombinationen". [1] So können wir auch nicht beipflichten, wenn DÖTTL "als letzte Annäherung an die industrielle Wirklichkeit eine branchenbezogene Arbeitsvorbereitung" vorschlägt [2]; für die eisenverarbeitende Industrie z.B. führte vorher schon BRACHT eine solche Untersuchung durch [3]. Eine Differenzierung nach Branchen erscheint unter dem Blickwinkel ihres Nutzens für wissenschaftlich-systematische Erkenntnisgewinnung nur als empirisch-beschreibende Vorstufe sinnvoll: Betriebe derselben Branche können große Unterschiede in der Struktur ihrer Fertigung und damit auch in Bedeutung und Inhalt der Fertigungsvorbereitung aufweisen; andererseits können Verwandtschaften bestehen zwischen Betrieben, die nach der üblichen Brancheneinteilung nichts miteinander gemein haben [4]. Eine bei EILON [5] veröffentlichte Untersuchung der britischen Industrie bestätigt diese Ansicht. Sie zeigt, daß nur ganz wenige Branchen durch einen bestimmten 'Type of Production' charakterisiert sind [6].

---

1) P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963, S. 5.

2) A. DÖTTL, Die Grundlagen einer Betriebswirtschaftslehre der Arbeitsvorbereitung, Diss. Erlangen 1952, S. 182.

3) J. BRACHT, Untersuchungen über die Arbeitsvorbereitung in der Eisen verarbeitenden Industrie, Diss. Köln 1949.

4) Vgl. E. SCHÄFER, Absatzwirtschaft, Beitrag im HdW, Bd. 1, Köln und Opladen 1958, S. 354.

5) S. EILON, Elements of Production Planning and Control, New York 1962, S. 23.

6) EILON unterscheidet 'Job, Batch and Continuous Production'. Das Kriterium 'Type of Production' entspricht damit etwa dem SCHÄFERschen Merkmal 'Grad der Verwirklichung des Massenprinzips'.

Besonders Erich SCHÄFER - und von ihm ausgehend auch RIEBEL - fordert in seinen Schriften und seiner Lehrtätigkeit immer wieder eine typologisierende Betrachtung [1]. Auch im Bereich der Fertigungsvorbereitung hat es wenig Sinn, ja führt unter Umständen zu inhaltleeren Gemeinplätzen, will man die Vielfalt der industriellen Wirklichkeit zu Aussagen über d e n Industriebetrieb schlechthin abstrahieren. Andererseits ist es ebenso unzweckmäßig, bei einer fotografisch genauen Schilderung einzelner Betriebe und ihrer Besonderheiten stehenzubleiben. Zwischen den Extremen generalisierender und individualisierender Betrachtung ermöglicht die typologische Analyse ein tieferes Eindringen in die betrieblichen Strukturen und Abläufe, ihre Unterschiede und Gemeinsamkeiten.
Ansätze zu solch differenzierender Betrachtung auch der Fertigungsvorbereitung sind vorhanden. Z.B. weisen BESTE [2], KALVERAM [3] und besonders MELLEROWICZ auf die "Stellung der Fertigungsvorbereitung bei verschiedenen Organisationstypen, Fertigungstypen und Produktionsverfahren" [4] hin; BUSSMANN schränkt in zweifacher Weise ein: er untersucht nur die laufende Fertigungssteuerung und diese ledig-

---

1) Vgl. insbesondere das Vorwort von E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, Industriebetriebslehre auf typologischer Grundlage, Band 1, Köln und Opladen 1969. Ebenda, S. 11 f. zeigt SCHÄFER Ansätze zu differenzierender Industriebetriebslehre bei anderen Forschern der Betriebswirtschaftslehre.
Einen kurzen Überblick über früheres typologisches Arbeiten E. SCHÄFERs gibt E. LEITHERER, Die typologische Methode in der Betriebswirtschaftslehre - Versuch einer Übersicht, in: ZfbF 1965, S. 660 ff.

2) Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, Beitrag im HdW, Bd. 1, a.a.O., S. 204 ff.

3) W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960, S. 281 ff.

4) K. MELLEROWICZ, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Band 1, a.a.O., S. 218.

lich als Funktion von Fertigungstypen [1]; HARTMANN bildet zwei betriebliche Grundformen, um daran zeigen zu können, wie unterschiedliche Fertigungsverhältnisse die Verfahren automatisierter Datenverarbeitung in der Fertigungsvorbereitung bestimmen [2].

In der vorliegenden Arbeit werden die einzelnen Funktionen der industriellen Fertigungsvorbereitung differenzierend betrachtet: Welche industrietypologischen Merkmale bestimmen ihren Inhalt und ihre Schwerpunkte und in welcher Weise? In einem weiteren Schritt soll versucht werden, Fertigungsstrukturen mit gleichen oder ähnlichen Problemen der Fertigungsvorbereitung zu Industrietypen zusammenzufassen. Auf Branchenzugehörigkeit wird dabei keine Rücksicht genommen; das schließt nicht aus, daß in Einzelfällen ein Typ weitgehend von einer bestimmten Branche verkörpert wird.
Eine wirkliche Erkenntnis aller Einflußgrößen der Fertigungsvorbereitung ist nur auf der Grundlage empirischer Untersuchungen denkbar [3]. Alle Fertigungsstrukturen aus eigener Anschauung gründlich kennenzulernen, ist jedoch für einen Einzelnen in überschaubarer Zeit unmöglich. Auch die Erfahrungen eines Fachmanns mit jahrzehntelanger Praxis werden sich nur auf einen oder wenige verwandte Industriezweige erstrecken. So bleibt nur der Weg, die weitgestreuten Literaturhinweise nach den interessierenden Gesichtspunkten auszuwerten. "Die Materialsammlung (über die Fertigungssteuerung, Anm. d. Verf.) liegt inzwischen vor, wenn sie auch weitgehend von Vertretern der Ingenieurwissenschaften vorgenommen wurde und zum Teil auch kommerzielle Interessen (Organisationsmittelindustrie) widerspiegelt". [4]

---

1) K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben als Funktion der Fertigungstypen, in: Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspraxis, Festschrift für Konrad Mellerowicz, Berlin 1961, S. 63 bis 80.
Unter Fertigungstypen versteht BUSSMANN wie MELLEROWICZ die Unterscheidung in Einzel-, Serien-, Sorten- und Massenfertigung.

2) B. HARTMANN, Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, Freiburg i.Br. 1961, S. 119 ff.

3) Vgl. E. LEITHERER, Die typologische Methode ..., a.a.O., S. 661.

4) K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung ..., a.a.O., S. 63.

Die Fülle der auftretenden Einzelprobleme - man denke nur etwa an 'optimale Losgrößen', Vorgabe 'richtiger' Zeiten usw. - zwingt im Rahmen dieser Arbeit zur Beschränkung: Die Schwierigkeiten werden nur in ihrem Zusammenhang mit industrietypologischen Merkmalen aufgezeigt; für das Studium der technisch-organisatorischen Einzelheiten kann meist auf zahlreiche Spezialliteratur verwiesen werden.

II. Vom Wesen und Nutzen typologischen Arbeitens

1. Warum typologische Betrachtungsweise?

Einen p r a k t i s c h e n Wert typologischer Untersuchungen braucht die Wissenschaft nicht nachzuweisen; das Bemühen um reine Erkenntnis ist ihr Rechtfertigung genug. Das schließt indessen nicht aus, daß auch der Praktiker aus einer Typenbildung Nutzen zieht. Auf unsere Aufgabe bezogen: Angenommen, es gelänge, aus allen denkbaren Merkmalen, die einen Industriebetrieb charakterisieren können, jene den Inhalt der Fertigungsvorbereitung bestimmenden herauszuarbeiten und so - vom Zweck der Untersuchung her gesehen - in sich gleichartige Typen zu bilden. Das würde dem Praktiker ermöglichen, den ihn beschäftigenden Einzelfall rasch in das System einzufügen und aus dem Vergleich verwandter Typen, ja oft schon einzelner Merkmale, wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung seines konkreten Betriebes zu ziehen [1]. Auch überbetrieblich kann eine Typenbildung Ausgangspunkt für gezielte und damit wirkungsvolle wirtschaftspolitische Maßnahmen sein [2].

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion in produktions- und absatzwirtschaftlicher Sicht, in: ZfbF 1965, S. 665.

2) Vgl. z.B. L. BECKMANN, Einführung in die Industriebetriebswirtschaftslehre, Stuttgart 1961, S. 16.

"Für die L e h r e ist die typologische Betrachtungsweise Hilfsmittel zur Veranschaulichung betrieblicher Vorgänge" [1]. Durch eine Ordnung der vielgestaltigen Erscheinungen wird dem Lernenden der Überblick erleichtert.

Für uns steht jedoch die Frage im Vordergrund: Welchen Wert hat eine Typologie als F o r s c h u n g s m e t h o d e ? Kann sie dazu beitragen, die "Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen .... in welchen uns Unternehmung und Betrieb entgegentreten" [2], durchsichtiger, besser darstellbar und faßbar zu machen? Für einige Unternehmensbereiche haben Arbeiten besonders der letzten Jahre die Vorteile typologisierender Untersuchungen gezeigt [3]; für den Bereich 'Vorbereitung der Fertigung' soll der Beweis in der vorliegenden Studie versucht werden.
Über den erkenntnistheoretischen Nutzen einer Typenbildung sind sich viele Betriebswirte weitgehend einig: Begriffe werden definiert, um Gedanken möglichst eindeutig und schnell ausdrücken bzw. verstehen zu können. Nun sind aber die eigentlichen Objekte betriebswirtschaftlicher Erkenntnis nicht anschaulicher, greifbarer Natur - wie z.B. Maschinen, Werbemittel oder Warenvorräte -, sondern es handelt sich um geistige, abstrakte Gebilde: Industrie, Vermögen, Kosten oder auch 'Vorbereitung der Fertigung'. Entsprechend der Vielfalt wirtschaftlicher Erscheinungsformen müssen diese Definitionen manchmal sehr weit gefaßt werden; je größer der Spielraum der Wirklichkeit ist oder je weiter die Meinungen über einen Begriffsinhalt auseinanderklaffen, desto weniger anschaulich, weil notwendigerweise stark abstrahiert, muß ein solcher Begriff sein. Er muß eine "zu große reale Vielfältigkeit" [4] abdecken.

---

1) E. CASTAN, Typologie der Betriebe, Stuttgart 1963, S. 95.

2) E. SCHÄFER, Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre, Beitrag im HdW, Bd. 1, a.a.O., S. 39.

3) Für den Fertigungsbereich vgl. vor allem P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O.; ders., Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O.; ders., Umgestaltung des Produktionsbereiches in wachsenden Industrieunternehmungen, in: ZfbF 1964, S. 210 - 233. Als Beispiele aus anderen Unternehmensbereichen vgl. die bei G. ENSSLIN, Typologie der Industriebetriebe, Diss. Mainz 1964, S. 1 angeführte Literatur.

4) E. LEITHERER, a.a.O., S. 651.

Der typologisierend Arbeitende versucht daher, diese Begriffe durch zusätzliche Merkmale - die je nach seinem Ziel erst gefunden werden müssen - gleichsam zu unterteilen; er kann dadurch den betriebswirtschaftlichen Gegenstand gedanklich genauer erfassen und damit der Wirklichkeit entsprechend und dennoch übersichtlich wiedergeben. "Typologische Arbeiten zeichnen sich also durch Anschaulichkeit aus, ohne daß sie aber auf der Stufe der Beschreibung stehenbleiben". [1] Sie wenden "eine Sehweise an, die gleichsam z w i s c h e n der individualisierenden und der generalisierenden steht". [2] Durch die Ordnung der Betriebe nach vom Untersuchungszweck bestimmten Merkmalen - auf die Schwierigkeiten ihrer Auswahl gehen wir später ein [3] - vermittelt eine Typologie bereits Erkenntnisse. Die Durchleuchtung vieler Betriebe unter einheitlichen Gesichtspunkten erleichtert es, die grundsätzlichen 'typischen' Probleme bestimmter Gruppen, aber auch die Besonderheiten des Einzelfalles gegenüber dem Typus zu erkennen [4].

---

1) E. CASTAN, a.a.O., S. 9.

2) H. KNOBLICH, Die Typologie der Waren als Kernstück einer wirtschaftlichen Warenlehre, in: ZfbF 1965, S. 691.

3) Vgl. S. 13 ff.

4) Vgl. u.a. W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 42 und D. ERNST, Die Beschaffung des Industriebetriebes in entwicklungsgeschichtlicher und typologischer Betrachtung, dargestellt am Beispiel der Maschinenindustrie und chemischen Industrie, Diss. Nürnberg 1963, S. 76.

2. Zum Begriff des Typus

Drei Vorstellungen lassen sich in der Entwicklungsgeschichte des Wortes Typus erkennen [1]: (1) Typus als ideales Urbild, als vollendete Grundform des Seienden, (2) dem entgegengesetzt: Typus als eine wenigstens im Umriß häufig real nachweisbare Grundform und (3) als Sonderfall dieser zweiten Deutung die naturwissenschaftlich-technische Vorstellung einer im 'Bauplan' genau bestimmbaren Zuordnung von Teilen zu einem standardisierten 'Typ'.
Der wirtschaftswissenschaftliche Typus-Begriff folgt der zweiten Auffassung; WUNDTs Definition vom Typus als "Form, in der die Eigenschaften einer Reihe verwandter Formen am v o l l k o m m e n s t e n repräsentiert sind" [2], liegt heute noch u.a. der Darstellung von MELLEROWICZ zugrunde [3].
Handelte es sich beim Typus um einen klassifikatorischen Begriff, so wäre ein Merkmal entweder vorhanden oder nicht; Zwischenformen kennt eine Klassifizierung nicht. HEMPEL / OPPENHEIM [4] zeigten jedoch, daß wir es bei Typologien mit sog. Ordnungsbegriffen zu tun haben: die Objekte weisen ein bestimmtes Merkmal, eine Eigenschaft zwar auf, aber meist in abstufbaren Ausprägungen. Der Grad der Ausprägung bestimmt die Einordnung in eine Reihe untersuchter Objekte. Welche Punkte der Reihe man als Typen 'auszeichnet' und innerhalb welcher Intervalle man zwei Größen als gleich ansieht, ist eine Frage der Zweckmäßigkeit im Einzelfall.

---

1) Vgl. G. ENSSLIN, a.a.O., S. 5 ff.

2) W. WUNDT, Logik, Band II: Logik der exakten Wissenschaften, 4. Aufl. Stuttgart 1920, S. 56.

3) K. MELLEROWICZ, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, a.a.O., Band II, S. 41 ff.

4) C.G. HEMPEL / P. OPPENHEIM, Der Typusbegriff im Lichte der neuen Logik, Leiden 1936, S. 21 ff.

Die Eigenschaften des als Typus herausgehobenen Punktes sind auch bei den anderen Objekten der Reihe vorhanden, nur sind sie dort mehr oder minder ausgeprägt. "Die 'nebeneinanderstehenden' Typen sind miteinander verzahnt. Sie sind durch ein Verhältnis des 'ineinander' gekennzeichnet." [1]

Der Typus muß nicht als konkrete Einzelerscheinung empirisch nachweisbar sein; er entsteht aber auch nicht durch die Summierung von Einzelerscheinungen, nicht durch reine Abstraktion und erst recht nicht mit Hilfe einer Durchschnittsrechnung. Vielmehr sind die unmittelbarer Anschauung allein zugänglichen Einzelformen "so zu ordnen, daß der Typus hinter ihnen sichtbar wird und aufleuchtet. Man kann diesen also wohl a u f z e i g e n , aber nicht v o r z e i g e n ". [2]

Ein Typus muß nicht ausschließlich abstufbare Merkmale enthalten. Die eine Gesamtheit charakterisierenden Merkmalsausprägungen gelten auch für die innerhalb dieser Gesamtheit gebildeten Typen. So sind z.B. die Merkmalsausprägungen, welche die Industrie vom Handwerk abheben, starrer Bestandteil jeder Charakterisierung einzelner Industrietypen. Meist werden diese übergeordneten Industriemerkmale bei der Bildung einzelner industrieller Typen nicht mehr ausdrücklich genannt.

Wir können damit nach ENSSLIN [3] den Typus als einen Begriff definieren, "der vor allem mit solchen Merkmalen ausgestattet ist, die bei den unter diesen Begriff fallenden Gebilden unterschiedlich ausgeprägt sind. Daneben enthält er gewisse starre Merkmale". "Ausprägungen sind die quantitativen oder qualitativen Differenzierungen, die bei einem Merkmal unterschieden werden". [4]

---

1) B. TIETZ, Bildung und Verwendung von Typen in der Betriebswirtschaftslehre, Köln und Opladen 1960, S. 33.

2) W. TROLL, Gestalt und Urbild, 2. Aufl., Halle 1942, S. 69.

3) G. ENSSLIN, a.a.O., S. 18.

4) B. TIETZ, a.a.O., S. 36.

3. Wege der Typenbildung

Zu industriellen Typen kann man auf zwei Wegen gelangen [1]:

Bei der u n m i t t e l b a r e n Typenbildung werden - unter als wesentlich angesehenen Gesichtspunkten - verwandt erscheinende Industrien zu Gruppen zusammengefaßt, die dann durch zahlreiche Merkmale näher charakterisiert werden. Die Gruppenbezeichnungen lassen dabei nicht immer ein einheitliches Abgrenzungskriterium erkennen; dafür bieten die acht industriellen Betriebstypen KALVERAMs ein Beispiel [2].

Der m i t t e l b a r e Weg der Typenbildung vollzieht sich in zwei Stufen: Zunächst untersuchen wir die verschiedenen Ausprägungen einzelner Merkmale auf ihre betriebswirtschaftlichen Konsequenzen. Dabei ist es möglich, daß nur ein Merkmal, dieses aber hinsichtlich aller betriebswirtschaftlichen Auswirkungen oder - wie in dieser Arbeit - sehr viele Merkmale, jedoch nur unter einer bestimmten Fragestellung interessieren.
Durch eine Reihe solcher Untersuchungen erkennt man, welche Merkmale zur Beantwortung betriebswirtschaftlicher Fragestellungen jeweils besonders relevant sind. Wollen wir nur ein bestimmtes Problem untersuchen, so können wir die Merkmale nach der ihnen für diesen Fall zugemessenen Bedeutung in eine Rangordnung bringen; wird jedoch eine Merkmalszusammenstellung als Ausgangspunkt beliebiger Einzeluntersuchungen angestrebt, so werden die Merkmale gleichrangig aufgezählt (z.B. von MELLEROWICZ, LEITNER, EISFELD, FUNKE und BLOHM, NOWAK, HAX [3]) oder zu Gruppen zusammengefaßt, die

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 663 f.

2) W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 46 ff. Kritisiert wird diese Typologie u.a. von E. CASTAN, a.a.O., S. 46.

3) K. MELLEROWICZ, Kosten und Kostenrechnung, Bd. I: Theorie der Kosten, 1. Aufl., Berlin-Leipzig 1933, S. 280-290; 4. Aufl., Berlin 1963, S. 151-159; derselbe, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, a.a.O., Bd. I, 4. Aufl., S. 41-53; F. LEITNER, Wirtschaftslehre des Industriebetriebes, Frankfurt a.M. 1944, S.20-30; C. EISFELD, Zur Lehre von der Gestaltung der Unternehmung, in: ZfhF 1951, S. 313; FUNKE/BLOHM, Allgemeine Grundzüge des Industriebetriebes, Essen 1952, S. 16-24; P. NOWAK, Bestimmung der Betriebsindividualität mit Hilfe von Betriebsgliederungen, in: ZfhF 1954, S. 484-499, hier: S. 490-499; K. HAX, Industriebetrieb, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Stuttgart-Tübingen-Göttingen, Bd. 5, S. 244-249.

jedoch ebenfalls keine Wertung ausdrücken [1]. Ein solches System von Merkmalen entwickelte SCHÄFER [2].
Die verschiedenen Ausprägungen nur eines Merkmals sollte man nicht schon als Typen bezeichnen, da sie allein noch keine Anschauung vermitteln können. Statt solcher "eindimensionaler" [3] oder "partieller Typen" [4] wollen wir deshalb "totale Typen" [5] anstreben.

Zum 'Totaltypus' gelangt man in einer zweiten Stufe, indem man Merkmalsausprägungen einander zuordnet, die in der industriellen Wirklichkeit überwiegend zusammen auftreten. Nach CASTAN [6] dürfte es dabei aus wissenschaftsökonomischen Gründen ausreichen, nur jene strukturbestimmenden Merkmale der Betriebe zu erfassen, die den Typ für den Untersuchungszweck genügend anschaulich machen und ihn von anderen abgrenzen.
Indessen führt die Schwierigkeit der Benennung so gebildeter Typen dazu, daß die theoretische Unterscheidung in 'partielle' und 'totale' Typen praktisch kaum durchzuhalten ist: oft erhält der - nach seiner Charakterisierung 'totale' - Typ den Namen der dominierenden Merkmalsausprägung und erscheint so rein nach der Benennung als lediglich 'partieller' Typus. Wir werden z.B. von 'Chemischer Industrie' sprechen, obgleich die darunter verstandene Industriegruppe durch mehr Ausprägungen als nur des Merkmals 'Vorherrschende Technologie' gekennzeichnet ist. Doch wird die Benennung nach dem sog. Leitmerkmal von jedem schnell verstanden, wäh-

---

1) Vgl. FUNKE / BLOHM, a.a.O., S. 24-26.

2) Vgl. dazu S. 17 der Arbeit.

3) E. CASTAN, a.a.O., S. 26.

4) H. HALLER, Typus und Gesetz in der Nationalökonomie, Stuttgart und Köln 1950, S. 17.

5) Ebenda, S. 19. Ein Beispiel 'partieller Typen' finden wir u.a. bei PENTZLIN, der nur nach dem "Zuordnungsverhältnis von Mensch, Werkstück (Werkstoff) und Betriebsmittel (Werkzeug)" sieben "Arbeitstypen" unterscheidet. K. PENTZLIN, Rationelle Produktion, 2. Aufl., Kassel 1950, S. 154 ff.

6) E. CASTAN, a.a.O., S. 26.

rend eine abstrakte Bezeichnung als 'Typus X' erst erläutert werden müßte [1].

Dem zweistufigen Weg der Typenbildung geben wir zumindest für die Untersuchung eines abgegrenzten Problemkreises den Vorzug. Wir wollen also unsere Frage nach Umfang und Inhalt der Fertigungsvorbereitung nicht gleich an Hand mehr oder weniger geläufiger Industrietypen zu beantworten suchen, sondern schon bei den einzelnen Merkmalsausprägungen ansetzen. Dabei geht es zunächst um die Frage, ob bzw. welche Zusammenhänge zwischen der Charakterisierung einer Fertigung durch bestimmte Merkmalsausprägungen und dem Inhalt der Fertigungsvorbereitung bestehen. Soweit Ausprägungen verschiedener Merkmale hinsichtlich der Fertigungsvorbereitung in dieselbe Richtung wirken, lassen sich unter dem Kriterium jeweils gleicher fertigungsvorbereitender Aufgaben Typen herausarbeiten. Auf diese Weise werden wir zu aussagefähigeren Gruppierungen als bei unmittelbarer Typenbildung kommen.

4. Schwierigkeiten betriebswirtschaftlicher Typenbildung

Im allgemeinen werden die Schwierigkeiten wirtschaftswissenschaftlicher und damit auch industrieller Typenbildung mit zwei Tatsachen begründet [2]:

a) Wirtschaftliche Vorgänge sind unanschaulicher, geistiger Natur;

b) Betriebswirtschaften entwickeln sich rasch weiter, wirtschaftliche Typen sind also stets zeitbedingt.

---

1) Vgl. dazu auch H. BUDDEBERG, Anwendung der typologischen Methode in der Betriebswirtschaftslehre, in: Mitteilungen des Instituts für Handelsforschung an der Universität zu Köln vom 15.12.54 (Nr. 20), S. 347. Nach BUDDEBERG werden zweckmäßigerweise die betrieblichen Funktionen zu Leitmerkmalen erhoben.

2) Vgl. z.B. E. LEITHERER, a.a.O., S. 652 ff.

Zu a) "Die Wirtschaft ist eine Dimension, die hinter den sinnlich zugänglichen Dingen existiert". [1] Beobachtungen der Wirklichkeit als eine Voraussetzung wirtschaftswissenschaftlicher Erkenntnisse sind weit schwieriger und ihre Ergebnisse unzuverlässiger als bei naturwissenschaftlichen Objekten: die Betriebsgröße z.B. kann allgemeingültig weder an der Zahl der Beschäftigten noch nach der Fabrikfläche gemessen werden und wie schwierig es ist, den 'richtigen' Gewinn zu ermitteln, zeigt die umfangreiche Literatur zu diesem Thema. In den Naturwissenschaften dagegen sind die Objekte meist sicht- und meßbar, Vorgänge können in der Regel beobachtet, auch wiederholt und damit nachgeprüft werden [2]. Es ist wesentlich der schwierigen Erfassung der wirtschaftlichen Wirklichkeit zuzuschreiben, daß in unserer Disziplin typologische Untersuchungen nur sehr zögernd angestellt wurden. Ihre Schwierigkeit macht sie aber zugleich notwendig: eine typologische Sehweise zeigt, wie wenig Aussicht besteht, das Wirtschaftsleben in einer ähnlich formal-exakten Weise darstellen zu können, wie das in den Naturwissenschaften möglich ist. Reine Definition und Klassifizierung führt hier nur zu einer gefährlichen Schein-Genauigkeit.

Zu c) Die Wirtschaft als ein Gebilde menschlichen Handelns unterliegt einem stetigen Wandel. Der technische Fortschritt, wirtschaftspolitische Maßnahmen, die Gesetzgebung, wie auch Änderungen in der Zusammensetzung oder der ideologischen Grundeinstellung der Bevölkerung sind wesentliche Einflußgrößen sich wandelnder industrieller Typen [3]. Neue Forschungen können nicht unbedingt auf bisherigen

---

1) E. LEITHERER, a.a.O., S. 652.

2) Entsprechend überwiegen hier 'quantitative Merkmale', die an ein Maßsystem gebunden und so eindeutig zu zählen und zu ordnen sind. In den Wirtschaftswissenschaften dagegen haben wir es mit 'qualitativen Merkmalen' zu tun, bei denen man erst Maßstäbe schaffen muß, will man mehr als nur ihr Vorhandensein feststellen. Vgl. dazu B. TIETZ, a.a.O., S. 38 ff.

3) Vgl. C. EISFELD, a.a.O., S. 337 f.

Erkenntnissen aufbauen. Anders in den Naturwissenschaften: hier konnte in Jahrhunderten ein durch Experimente und Erfahrung gesichertes Wissen gesammelt werden, das die Grundlage jeder weiteren Erkenntnis bildet. "Die Versuche Galileis sind heute nach Jahrhunderten genauso nachvollziehbar - die Wirtschaftsbetriebe seiner Zeit sind allenfalls als historische Formen zu typisieren".[1]

Daß heute gebildete Typen durch die wirtschaftliche Weiterentwicklung in wenigen Jahren überholt sein können, ist kein Argument gegen typologisches Forschen. Auch in anderen Lebensbereichen gelten Urteile oft nur für eine begrenzte Zeit; Forschen ist eine ständige Aufgabe[2]. Der Typenwandel hat - da wir nicht den historischen Ablauf, sondern die heutigen Verhältnisse untersuchen wollen - allerdings zur Folge, daß wir wenig auf ältere Literatur zurückgreifen können.

III. Industrietypologische Merkmale und ihre Interdependenzen

1. Auswahl und Definition typenbildender Merkmale

Die Industriebetriebslehre interessiert am Industriebetrieb vor allem die Fertigungsfunktion, denn deren zentrale Bedeutung unterscheidet die industrielle Unternehmung von anderen, mit denen sie viele Funktionen (Transport, Lagerung, Finanzierung, Dienstleistungen und Verwaltung) gemein hat. Also sind es die technisch-wirtschaftlichen Merkmale der Leistungserstellung, die zur Typenbildung der Industriebetriebe heranzuziehen sind; die sozialen und rechtlichen Aspekte des Industriebetriebes können in diesem Zusammenhang außer acht gelassen werden. Ein Kaufmann sollte sich soweit in das Tätigkeitsgebiet des Ingenieurs hineindenken können, daß er

---

1) E. LEITHERER, a.a.O., S. 653.

2) Vgl. E. CASTAN, a.a.O., S. 27.

zu beurteilen vermag, welche technologischen Eigenarten die Auswahl der Methoden wirtschaftlicher Fertigungsvorbereitung bestimmen. Das kann keinesfalls heißen, den Technikern in deren Gebiet Konkurrenz zu machen - dies wäre "abwegig und zudem aussichtslos. Wohl aber müssen die technischen Tatbestände als Bedingungen, als 'Daten' des wirtschaftlichen Handelns in die betriebswirtschaftliche Betrachtung einbezogen werden." [1]

Ein einziger Unterscheidungsgesichtspunkt kann nicht alle Eigentümlichkeiten eines Betriebes erfassen, es müssen also stets mehrere Merkmale herangezogen werden. Sofern eine fertigungstechnische und organisatorische Homogenität nur innerhalb einzelner Werke, Betriebsteile oder gar Fertigungsstufen besteht, kann eine bestimmte Merkmalsausprägung auch nur diesen in sich homogenen Bereich bzw. diese Stufe charakterisieren. Das leuchtet ein, wenn man als Extrem z.B. das Fertigungsspektrum eines großen elektrotechnischen Unternehmens betrachtet, das von Haushalts-Lichtschaltern bis zu Kraftwerksanlagen reichen kann. Die gemeinsame Vorbereitung von Produktionsabläufen unterschiedlicher Struktur bedeutet keine Änderung der sachlichen Probleme, sondern bringt organisatorische Fragen mit sich, die hier nicht behandelt werden.

Als Vorstufe unserer mittelbaren Typenbildung [2] müssen wir die technisch-wirtschaftlichen Merkmale auswählen, welche die Vorbereitung der Fertigung vermutlich am stärksten bestimmen. Ansätze zur typologischen Ordnung industriewirtschaftlicher Abhandlungen finden wir bereits 1868 und seither wurden viele Merkmalskataloge aufgestellt [3]; die Bezeichnungen der Merkmale und ihrer Ausprä-

---

1) E. SCHÄFER, Über einige Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre: ZfB 1950, S. 555.

2) Vgl. Seite 11 f. der Arbeit.

3) Einen historischen Überblick geben H. HORRMANN, Die Bildung von Betriebstypen der Industrie, Diss. Nürnberg 1953, S. 15 - 58 und G. ENSSLIN, a.a.O., S. 54 - 93.

gungen wurden aber keineswegs immer einheitlich definiert [1].
Auch ohne zu den verschiedenen Merkmalskatalogen Stellung zu nehmen oder sie für unseren Zweck zu modifizieren, kommen wir zu einem klaren begrifflichen Handwerkzeug als Voraussetzung für die beabsichtigte Untersuchung: Im Zweifel folgen wir den Definitionen SCHÄFERs in seiner augenblicklich erscheinenden Industriebetriebslehre. SCHÄFER definiert und erläutert im bereits vorliegenden Band 1 [2] die allgemeinen Merkmale der technisch-ökonomischen Struktur des Industriebetriebs und diejenigen des Aufbaus der industriellen Fertigung. Da Aussagen über die für unsere Untersuchung besonders relevanten Merkmale des Fertigungsablaufs erst im demnächst erscheinenden Band 2 enthalten sind, werden wir das Notwendige dazu im Verlauf der Untersuchung ausführen.

2. Zur Kombination der Merkmalsausprägungen

Merkmalsausprägungen können eine mehr oder weniger engé Verwandtschaft zueinander aufweisen. Sie erlaubt sog. typologische Schlüsse: man folgert aus der Kenntnis einer Reihe von Merkmalsausprägungen auf das wahrscheinliche Vorhandensein einer Reihe weiterer Ausprägungen, da alle diese Eigenschaften erfahrungsgemäß häufig miteinander in fester Verknüpfung auftreten [3].

---

1) Entsprechend ist auch umgekehrt z.B. aus den Ausführungen HORRMANNs (a.a.O., S. 116 f.) ersichtlich, daß nachstehende Autoren mit ihren doch sehr unterschiedlichen Benennungen etwa denselben Merkmalsinhalt meinen: "Gliederung nach der Anzahl gleichartiger Erzeugnisse" (HORRMANN), "Grad der Verwirklichung des Massenprinzips" (SCHÄFER), "Mengen der Fertigung" (LEITNER und ISAAC), "Art der Fertigung" (ZEIDLER und HELLWIG-MÄCKBACH), "Produktionstypen" (MELLEROWICZ), und "Fertigungsverfahren" (GUTENBERG). KORTZFLEISCH (Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., (S. 63) spricht von "Betriebswirtschaftlichen Fertigungsverfahren".

2) E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O.
Die typologische Betrachtungsweise SCHÄFERs bildet auch den Ausgangspunkt zahlreicher Arbeiten seiner Schüler. Vgl. insbes. H. HORRMANN, a.a.O., D. HINSEL, Fertigungssysteme in der Industrie, Diss. Nürnberg 1955 und P. RIEBEL in seinen bereits genannten Schriften.

3) Vgl. HEMPEL / OPPENHEIM, a.a.O., S. 103 f.

Betrachtet man einen Betrieb nur unter einem Gesichtspunkt und zieht nicht zusätzliche Merkmale zur weiteren Differenzierung heran, so können nur wenige Aussagen gemacht werden. Doch die Heranziehung weiterer Kriterien führt nicht beliebig lange auch zu entsprechenden neuen Erkenntnissen. Auch die von SCHÄFER genannten Merkmale stellen bereits eine Auswahl dar; aber selbst bei der Beschränkung auf diesen Katalog ist es weder möglich noch notwendig, alle nach den Regeln der Kombinatorik denkbaren Fälle zu untersuchen: nicht möglich, weil die Zahl unübersehbar wäre; nicht notwendig, weil bei weitem nicht alle formal möglichen Kombinationen auch sinnvoll sind und 'materiell' interessieren, also in der Praxis vorkommen und besondere Probleme aufwerfen [1].

Mit der Zahl der zur Charakterisierung verwendeten Merkmale nimmt die Wirklichkeitsnähe und Determiniertheit eines Typs zu. Zugleich wird er aber weniger plastisch, er wird unübersichtlich und unhandlich. Außerdem sind wegen der erwähnten Zusammenhänge bei sinnvollen, wirklichkeitsnahen Typen von einem gewissen Bestimmtheitsgrad ab weitere Merkmale in ihren Ausprägungen ohnehin weitgehend festgelegt. Es gilt also auch hier, einen Kompromiß zu finden zwischen dem Partialtypus, der mit seinem einen Merkmal notwendigerweise die Wirklichkeit nur aus einer Perspektive sieht und dem Totaltypus, dessen Charakterisierung durch sehr viele Merkmalsausprägungen schließlich nur noch bereits Bekanntes unter etwas geändertem Blickwinkel erkennen läßt [2].

Die verschiedenen, einen Typ charakterisierenden Merkmalsausprägungen sollten in ihrer gleichzeitigen Wirksamkeit erfaßt werden. Da das in einer schriftlichen Darstellung aber nicht durchführbar ist, bleibt nur die Möglichkeit des Nacheinander: die einzelnen Funktionen der Fertigungsvorbereitung werden zunächst an Hand des jeweiligen Leitmerkmals untersucht, dann werden schrittweise die

---

1) Vgl. H. KNOBLICH, a.a.O., S. 696 ff.

2) Vgl. G. ENSSLIN, a.a.O., S. 129 f.

Fertigungsvorbereitung weniger bestimmende Merkmale hinzugenommen. Doch ergibt sich dabei der Erkenntniswert der Typen nicht einfach durch Addition der für die einzelnen Ausprägungen gültigen Aussagen, "weil es sich bei der Verknüpfung mehrerer Merkmale nicht um ein N e b e n e i n a n d e r , sondern um ein I n e i n a n d e r ... handelt." [1]

IV. Begriffe und Funktionen im Bereich der Fertigungsvorbereitung

Typologisches Arbeiten ohne Mißverständnisse zwischen Autor und Leser ist nur möglich, wenn beide die gebrauchten Begriffe mit denselben Vorstellungen verbinden. Gerade auf dem Gebiet 'Vorbereitung der Fertigung' verwenden Schrifttum und Praxis einerseits für dieselbe Sache sehr unterschiedliche Bezeichnungen; andererseits decken identische Termini durchaus nicht immer denselben Inhalt [2].

Den Grund für die unterschiedlichen Begriffsabgrenzungen sieht KOSIOL in der historischen Entwicklung: um die Durchführung der Fertigung zu erleichtern, wurden vorbereitende Arbeiten ausgegliedert und organisatorisch verselbständigten Spezialisten übertragen. Wieviele und welche Funktionen von der Fertigung isoliert wurden, bestimmte die Zweckmäßigkeit im Einzelfall. So kommt es, "daß die Arbeitsvorbereitung sich nicht mit einer gewissen Selbstverständlichkeit abgrenzen läßt, wie das beim Einkauf, Verkauf oder Rechnungswesen der Fall ist". [3]

---

1) P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 670.

2) Vgl. AWF, Begriffserklärungen: Fertigungsplanung - Fertigungssteuerung (Arbeitsvorbereitung), in: ZwF (Mitteilungen des AEF) 1960/9, S. 396.

3) E. KOSIOL, Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung und des Einkaufs industrieller Unternehmungen, Berlin 1960, S. 20.

1. Die 'Arbeitsvorbereitung' - Begriff und Kritik

Die Spannweite der Definitionen wird am deutlichsten beim herkömmlichen Begriff der 'Arbeitsvorbereitung'. In der Praxis ist er vor allem in der Metallindustrie üblich [1].

Eine sehr weite Begriffsvorstellung äußert RIEDEL schon 1938: "Die praktische Arbeitsvorbereitung betrifft ... nicht nur die Mobilien, sondern erstreckt sich auch auf bauliche Anlagen und mit diesen fest verbundene Einrichtungen". [2] DÖTTL und KORTZFLEISCH rechnen ähnlich weit zur "Arbeitsvorbereitung auf lange Sicht" bzw. zur "Allgemeinen Arbeitsvorbereitung" schon den Bau und die Ausstattung der Fertigungswerkstätten sowie die Bestimmung der herzustellenden Produkte [3]. Nach Meinung DÖTTLs sollte ein guter Arbeitsvorbereiter sogar die günstigste Einordnung eines Unternehmens in vertikale oder horizontale Konzentrationsformen beurteilen können [4].

Dagegen vertritt z.B. HENNIG unter den Veröffentlichungen der letzten Jahre eine der engsten Auffassungen: "Unter Arbeitsvorbereitung pflegt in Industrien mit wechselnder Fertigung das Durchdenken und schriftliche Festlegen des Materialverbrauchs und Fertigungsablaufs vor der Fertigung ... verstanden zu werden". [5] Diese Auffassung entspricht eher als die angeführten weiten Begriffsvorstellungen dem Sprachgebrauch der Betriebe; dort werden die mehr einmaligen Vorbereitungsarbeiten bei gleichbleibender Massenfertigung meist nicht als zur Arbeitsvorbereitung gehörig betrachtet.

---

1) Vgl. K.W. HENNIG, Arbeitsvorbereitung, Beitrag im HdB, Bd. I, 3. Auflage, Stuttgart 1956, Sp. 244.

2) J. RIEDEL, Arbeit im Betriebe, Beitrag im HdB, Bd. I, 2. Aufl., Stuttgart 1938, Sp. 146 f.

3) A. DÖTTL, a.a.O., S. 30 ff. und G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, Berlin 1962, S. 35 ff.

4) A. DÖTTL, a.a.O., S. 89.

5) K.W. HENNIG, Arbeitsvorbereitung, a.a.O., Sp. 243.
Auch J. BRACHT, a.a.O., S. 6 beschränkt die 'Arbeitsvorbereitung' auf die "laufend sich wiederholenden Dispositionen, die bei der Hereinnahme einer jeden neuen Arbeit in den Fertigungsprozeß getroffen werden müssen".

Doch auch die gegenteilige Meinung wird vertreten: die mehr einmaligen, grundsätzlichen Arbeiten vor der Fertigung bis zurück zum Fabrikbau gehören zur Arbeitsvorbereitung, während die laufenden Planungen und die Überwachung des Produktionsablaufs zur sog. Arbeitsführung zu rechnen sind [1].

Begreift man den Wortsinn von "Arbeitsvorbereitung" schlicht als "Vorbereitung der Arbeit", so stimmt damit streng genommen keine der oben angedeuteten konträren Vorstellungen überein:
Schrifttum und Industrie fassen den Terminus einerseits enger, als es der Wortbedeutung entspräche: sie beziehen 'Arbeitsvorbereitung' nur auf die Fertigung [2], während alle vorbereitenden Arbeiten in den übrigen Unternehmensbereichen zwar ebenso funktionell, nicht aber institutionell von der Arbeitsausführung getrennt sind [3]. Auch zählen die vor dem Einsatz der Arbeitskräfte zu klärenden personalwirtschaftlichen Fragen und die Lohngestaltung nicht zu den Aufgaben der 'Arbeitsvorbereitung' [4].
Andererseits wird der Begriff 'Arbeitsvorbereitung' weiter als dem Wortsinn gemäß angewandt: Die 'Arbeitsvorbereitung' in der Fertigung bezieht sich nicht nur auf den unmittelbaren Einsatz des Produktionsfaktors A r b e i t , sondern plant auch Materialbe-

---

1) So z.B. W. v. SCHÜTZ, Organische Betriebsgestaltung, 2. Aufl., Essen 1953, S. 11, 18 und 26 f.; W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 305 ff.

2) Eine Ausnahme macht v. SCHÜTZ, der zur Arbeitsvorbereitung auch die Planung der Büroarbeit zählt und den Begriff "Fertigungsvorbereitung" auf die Planung der reinen Fertigung beschränkt (a.a.O., S. 18).

3) Vgl. J. SCHULZ, Das Wesen der Arbeitsvorbereitung und ihre Stellung in der industriellen Fertigung. Diss. Hamburg 1964, S. 8.

4) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 11.

reitstellung, Termine u.a. [1]. Sie bereitet also die gesamte F e r t i g u n g vor.

Die Begriffsbestimmungen, die der Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung e.V. (AWF) seit 1918 erarbeitet hat, entstanden in enger Zusammenarbeit mit der Industrie und haben am ehesten die Chance, einheitlich in die betriebliche Praxis übernommen zu werden. Obwohl oder gerade weil die Meinungen in den 'Begriffsbestimmungs-Ausschüssen' des AWF heute keineswegs einheitlich sind, gelten offiziell noch die 1960 veröffentlichten Definitionen [2]. Danach soll der schillernde, aber nun einmal eingebürgerte terminus technicus 'Arbeitsvorbereitung' auch nicht mehr als Oberbegriff beibehalten [3], sondern allmählich in Anlehnung an die angelsächsischen Bezeichnungen "p r o d u c t i o n p l a n n i n g a n d c o n t r o l " durch das Begriffspaar " F e r t i g u n g s p l a n u n g und - s t e u e r u n g " verdrängt werden [4].

Trotz dieser Bestrebungen gibt der AWF noch eine Definition der 'Arbeitsvorbereitung': Sie "umfaßt die Gesamtheit aller Maßnahmen einschließlich der Erstellung aller erforderlichen Unterlagen und Betriebsmittel, die durch P l a n u n g , Steuerung und Überwachung für die Fertigung von Erzeugnissen ein Minimum an Aufwand gewährleisten". [5]

Ein Oberbegriff für die von dieser Definition umschriebenen Maßnahmen erscheint uns zweckmäßig und weiterhin notwendig. Den Terminus Arbeitsvorbereitung lehnen wir jedoch aus den oben angeführten Gründen ab. Die ihn ersetzende Bezeichnung sollte die Anforderungen an eine wissenschaftliche Begriffsbildung erfüllen [6]:

---

1) Vgl. Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, a.a.O., S. 204.

2) AWF, Begriffserklärungen ..., a.a.O., S. 396 ff.

3) So noch 1952 laut K. EICKE, a.a.O., S. 5.

4) AWF, Begriffserklärungen ..., a.a.O., S. 397. Stellungnahme zu dieser Unterteilung vgl. S.34 der Arbeit.

5) AWF, Begriffserklärungen ..., a.a.O., S. 397.

6) Vgl. J. HESSEN, Lehrbuch der Philosophie, 1. Bd.: Wissenschaftslehre, 3. Aufl. München-Basel 1964, S. 134 ff.

dem täglichen Sprachgebrauch entsprechen, einfach und unkompliziert, dabei - wenn schon nicht eindeutig - doch treffender als der ersetzte Ausdruck sein und geeignet, damit wissenschaftlich zu arbeiten.
Um einen solchen Begriff zu finden, wollen wir uns zunächst ansehen, welche betriebswirtschaftlichen Teilfunktionen die Literatur als fertigungsvorbereitend im weitesten Sinne bezeichnet und unter welchen Gesichtspunkten die Autoren diesen Aufgabenkatalog gliedern.

2. Die fertigungsvorbereitenden Funktionen

a) Der Begriff "Industrielle Fertigung"

Güter werden nicht nur im Industriebetrieb, sondern auch vom Handwerk, im Bergbau, von der Land- und Forstwirtschaft und Fischerei hervorgebracht [1]. Entsprechend sind zwar überall fertigungsvorbereitende Tätigkeiten notwendig, ihre bewußte, auch organisatorische Trennung von der Fertigungsdurchführung findet sich jedoch am ausgeprägtesten im neuzeitlichen Industriebetrieb. Auf ihn konzentriert sich die Untersuchung.
Produzieren kann im Gewinnen oder Verarbeiten von Stoffen und Kräften bestehen. Zur industriellen Produktion zählt dabei nicht die Stoffgewinnung durch Anbau (in der Land- und Forstwirtschaft, einschließlich Fischerei). Die Gewinnung von Stoffen durch Abbau (von Mineralien) und ihre Verarbeitung rechnet man zur Industrie, soweit sie nicht handwerkliches Gepräge aufweisen. Industrielle Fertigung unterscheidet sich von der überkommenen handwerklichen Produktionsweise vor allem durch einen höheren Mechanisierungsgrad bei weit-

---

1) Zur Abgrenzung dieser Produktions- von den Mittlerbetrieben vgl. E. SCHÄFER, Die Unternehmung, 7. Aufl., Köln und Opladen 1970, S. 10 ff.

gehender Arbeitsteilung und eine größere Bedeutung der schöpferischen und dispositiven Unternehmeraufgaben im Verhältnis zur objektbezogenen manuellen Arbeit [1].
Eine genauere Abgrenzung zwischen Industrie und Handwerk braucht in diesem Zusammenhang nicht versucht zu werden, da die Probleme der Fertigungsvorbereitung im Grenzbereich die gleichen sind, sofern nur die übrigen Charakteristika übereinstimmen.

b) Die Aufgaben der Fertigungsvorbereitung

Betrachten wir - stark vereinfacht -, wie sich die Verwirklichung einer Unternehmeridee vollzieht: Die Absatzaussichten, der Stand der Produktionstechnik und die finanziellen Möglichkeiten bestimmen Richtung und Ausmaß der Fertigung, sie wiederum die notwendigen Beschaffungsmaßnahmen. Aber auch in umgekehrter Richtung sind Wirkungen erkennbar: es kann z.B. die Beschaffung einzelner Stoffe schwierig und so der Fertigung von dort eine Grenze gesetzt sein; der Fertigungsbereich beeinflußt seinerseits Gestalt und Qualität der Produkte und durch seine Kosten zumindest die langfristige Preisuntergrenze; somit über Gestalt, Qualität und Preis zusammen die Absatzmöglichkeiten. Das "Ausgleichsgesetz der Planung" besagt, daß für die Planung einer Unternehmung ihr schwächster Teilbereich den Ausschlag gibt [2]. Diese nur angedeuteten Zusammenhänge sowohl innerhalb der Leistungssphäre (Beschaffung, Fertigung, Absatz) als auch zwischen diesen Bereichen und der Finanzsphäre [3] dürfen nicht außer acht gelassen werden, wenn wir jetzt stichwortartig die Fragen umreißen, die allein im Fertigungsbereich vor der Produktionsaufnahme zu klären sind:

---

1) Vgl. hierzu die Begriffsbestimmungen bei K. HAX, Industriebetrieb, a.a.O., S. 243; K. MELLEROWICZ, Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Band I, a.a.O., S. 10 ff.; W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 17 ff.; L. BECKMANN, a.a.O., S. 11 ff.; Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in: ZfhF 1963, S. 481 f.

2) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, a.a.O., S. 162 ff.

3) Vgl. E. SCHÄFER, Die Unternehmung, a.a.O., S. 30 ff, und 168 ff. und W.R. SPRIEGEL, Principles of Business Organization and Operation, 2. Aufl., Englewood Cliffs 1956, S. 310 f.

1. W a s soll produziert werden? Jedes Unternehmen schafft sich bei seiner Gründung - und ändert später gelegentlich - entsprechend den Unternehmerideen und Ergebnissen der Marktforschung ein bestimmtes personelles und sachliches Potential: Gebäude, maschinelle Anlagen, Erfahrungen und Kenntnisse seiner Mitarbeiter, Patente, Lizenzen usw. Je nach Art und Menge dieses Potentials ist es dann ohne grundsätzliche organisatorische Umstellungen oder gar langfristige Forschung und Entwicklung in der Lage, mehr oder weniger genau abgrenzbare Erzeugnisgruppen zu fertigen. Wir wollen sie als das Fertigungs s p e k t r u m der Unternehmung bezeichnen [1].

In einer primär auf die Erzeugniseinheit bezogenen technischen Planung werden für einzelne Produkte des Spektrums Gestalt und Zusammensetzung, Fertigungsverfahren und deren Folge, zu verwendende Stoffe und die Dauer der Fertigung schriftlich festgelegt. Sämtliche Produkte, für welche diese Unterlagen erstellt sind, bilden das Fertigungs r e p e r t o i r e [2] oder Produktions s o r t i m e n t [3] einer Unternehmung. Es ist meist aus Katalogen oder Preislisten ersichtlich. Bei wiederholter Fertigung sind diese technischen Unter-

---

1) Vgl. K.L. PEDELL, Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung, München-Wien 1965, S. 14.

2) Wir folgen damit einer mündlichen Anregung SCHÄFERs: so wie z.B. in der Musik die von einem Künstler einmal studierten Werke als dessen Repertoire und die für ein bestimmtes Konzert daraus ausgewählten Werke als das Programm dieses Abends bezeichnet werden, so unterscheidet SCHÄFER Fertigungsrepertoire (als das nach Art, Dauer und eventuell Mindest- oder Höchstmengen festgelegte 'Können') und Fertigungsprogramm (als das nach Art, Zeitpunkt und genauer Menge bestimmte 'Tun') eines Betriebes. Mit dem Begriff 'Programm' ist also immer die Vorstellung einer zeitlichen Folge zu bestimmten Terminen verbunden. So auch der AWF, Begriffserklärungen, a.a.O., S. 398; KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 30 und RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 681.

3) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 30.

lagen immer wieder verwendbar; bei Einzelfertigung dagegen kann das Fertigungsspektrum nicht bis zu einem Repertoire konkretisiert werden.

2. W i e v i e l soll von jedem Erzeugnis hergestellt werden? Langfristig bestimmt die Antwort auf diese Frage die Kapazität der zu erstellenden Anlagen, nachher - kurzfristig - deren Beschäftigung.

3. W o r a u s sind die Produkte zu fertigen? Welche Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe werden benötigt und in welchen Mengen? Zu den "Materialentscheidungen" [1] gehört z.B. auch eine Antwort auf die Frage, ob mit Kohle, Öl oder Strom geheizt werden soll.

4. W i e wird produziert? Von der baulichen Planung ganzer Fabriken entsprechend dem zweckmäßigsten Fertigungssystem (z.B. Werkstätten- oder fließende Fertigung), womit sich die Unternehmung langfristig festlegt, über die Wahl der geeigneten Fertigungsverfahren bis zur relativ kurzfristigen und leicht änderbaren Arbeitsunterweisung für die einzelne Verrichtung reicht die Skala der "Tätigkeits- oder Verfahrensentscheidungen." [2]

5. W o m i t und w o produziert werden soll, sind eng mit dem zuvor skizzierten Aufgabenkreis verbundene Fragen. Liegen die Fertigungsverfahren grundsätzlich fest, können Art und Zahl der Produktionsmittel bestimmt werden. Mit fortschreitender Bindung an eine bestimmte Anlagenstruktur verringern sich die 'womit'-Alternativen. Die gleichzeitig zu beantwortende Frage nach dem 'wo', die zuerst auf den Standort des Betriebes insgesamt gerichtet war, verzweigt sich schließlich in viele Entscheidungen bezüglich einzelner Maschinen bzw. Arbeitsplätze. Das 'Standortproblem' bezieht sich also auf immer kleinere Einheiten.

Neben den sachlichen werden auch menschliche Kräfte benötigt: ihre Zahl, erwünschten Eigenschaften und Fähigkeiten sind vor allem Gegenstand dieser Art von "Mittelentscheidungen" [2] über das ' w e r '.

---

1) H. WEBER, Die Planung in der Unternehmung, Berlin 1963, S. 51.
2) Vgl. ebenda.

6. Um das w a n n , insbesondere das Ende einer Tätigkeit bestimmen zu können, muß das w i e l a n g e , also die Dauer unabhängig vom Kalender, bekannt sein. Eine Antwort auf fast jede der bisher gestellten Fragen wird erst durch Berücksichtigung der Dimension Zeit vollständig bestimmt. Im Fertigungsprogramm, das definitionsgemäß für einen bestimmten Zeitabschnitt gilt, muß neben Art und Menge der vorgesehenen Erzeugung auch der jeweils gewünschte Fertigstellungszeitpunkt festgelegt sein und die Beschaffungsabteilung muß erfahren, zu welchem Termin die verschiedenen Materialien benötigt werden. Der Zeitfaktor spielt auch insofern eine Rolle, als die Entscheidungen entsprechend ihrer mehr oder weniger tiefgreifenden Wirkungen eine Unternehmung länger- oder kürzerfristig binden.

7. Z u w e l c h e n K o s t e n ist eine Fertigung möglich? Vor allem im Fertigungsbereich wird über das Gewicht der "inneren oder betrieblichen Faktoren" - als der Aufwandsseite unternehmerischer Gewinnerzielung - entschieden [1]. Die Frage nach den Kosten stellt nicht eigentlich einen weiteren Entscheidungsgegenstand dar, sondern ein Kriterium, an dem alle aufgeworfenen Teilfragen zu messen sind.

8. W a r u m und w i e b e s s e r ? Das sind auf eine kurze Formel gebracht die Fragen, die sich aus der Überwachung der Fertigung ergeben müssen. Die Kontrolle des IST bildet die unerläßliche Ergänzung jeder SOLL-Aufstellung, wobei im Fertigungsbereich im allgemeinen je nach seiner Struktur der Qualitäts- oder der Terminüberwachung die größte Bedeutung zukommt.

Es bedarf keiner weiteren Ausführungen darüber, wie eng die meisten dieser fertigungsvorbereitenden Funktionen zusammenhängen. Die einzelnen Teilaufgaben können nicht beziehungslos nebeneinander gelöst werden; nur wenn die einzelnen Entscheidungen aufeinander abgestimmt, jeweils die Einflußgrößen berücksichtigt und die Auswirkungen der Alternativen vorausbedacht werden, kann das für die Unternehmung als Ganzes Bestmögliche erreicht werden.

---

1) E. SCHÄFER, Die Unternehmung, a.a.O., S. 303 ff.

"Es gibt kein Primat der Durchführungs- oder der Programmplanung". [1] Trotz dieser engen sachlichen und zeitlichen Verknüpfung kann die fertigungsvorbereitende Aufgabe nur in einem gruppierten Nacheinander dargestellt werden. Wie das in der Literatur bisher geschah, wollen wir in knapper Form untersuchen.

c) Überblick über die verschiedenen Versuche zur Gliederung fertigungsvorbereitender Funktionen

Wie die Abteilungen, die fertigungsvorbereitende Aufgaben wahrnehmen, in die Gesamtorganisation einer Unternehmung eingegliedert sind, ob sie einheitlich nur einer Instanz unterstehen (die dann meist dem technischen Ressort angehört) oder entsprechend ihrem jeweiligen Charakter technischen und kaufmännischen Instanzen zugeordnet sind - das sind Fragen, deren Beantwortung unternehmensindividuell oft durch subjektive Ansichten über die funktionelle Zusammengehörigkeit, von personellen und räumlichen Gegebenheiten oder auch durch Tradition bestimmt ist [2].
In den folgenden Gliederungsversuchen wird die Fertigungsvorbereitung nicht als Institution, sondern als Funktion innerhalb des Produktionsbereichs betrachtet [3]. Es lassen sich im wesentlichen zwei Autorengruppen entsprechend ihrem Gliederungskriterium unterscheiden:

(1) Nach der Geltungsdauer der Planung
Der zeitliche Gesichtspunkt steht bei den meisten Gliederungsversuchen im Vordergrund: die fertigungsvorbereitenden Entscheidungen werden getrennt nach ihrer Geltungsdauer, anders ausgedrückt danach, ob sie einmalig (zumindest jedoch selten) oder immer wieder zu treffen sind.

---

1) W. LÜCKE, Produktionsplanung, Beitrag im HdSw, Stuttgart-Tübingen-Göttingen 1956, Band 8, S. 579.

2) KOSIOL und seine Mitarbeiter haben diese Fragen am Beispiel 17 ausgewählter Industrieunternehmungen mit synthetischer Sorten-, Serien- und Einzelfertigung sorgfältig untersucht. E. KOSIOL, Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung..., a.a.O.

3) Vgl. J. SCHULZ, Das Wesen der Arbeitsvorbereitung ..., a.a.O., S. 8 f.

Wie wir sahen [1], unterscheidet der AWF Fertigungs p l a n u n g und Fertigungs s t e u e r u n g . "Die Fertigungsplanung umfaßt alle e i n m a l i g zu treffenden M a ß n a h m e n . Diese beziehen sich auf die Gestaltung des Erzeugnisses, die Fertigungsvorbereitung, die Planung sowie Bereitstellung der Betriebsmittel und schließen mit der Freigabe der Fertigung ab." [2] Die Fertigungssteuerung oder -lenkung umgreift dann alle Tätigkeiten, "die zur Durchführung eines Auftrages im Sinne der Fertigungsplanung erforderlich sind." [3] Sie ist damit mehr organisatorischer Natur, während sich die Fertigungsplanung vorwiegend mit technischen Fragen beschäftigt [4].

Der vom AWF ausgearbeiteten Trennung folgen viele Autoren in den verwendeten Begriffen und auch deren Inhalt [5], einige andere weichen im Begriffsinhalt zum Teil ab:
MELLEROWICZ z.B. zählt nur die Bestimmung aller Arbeitsmittel (Anlagen, Arbeitskräfte, Material, Werkzeuge u.a.) zur Fertigungsplanung, deren Bereitstellung jedoch zur Fertigungslenkung [6]. KOSIOL sieht im Gegensatz zum AWF überwachende Aufgaben nicht als Teil

---

1) Vgl. S.22 der Arbeit.

2) AWF, Begriffserklärungen ..., a.a.O., S. 397. Eine Schwäche dieser Definition liegt darin, daß nirgends gesagt wird, was unter Fertigungsvorbereitung zu verstehen ist.

3) AWF, Begriffserklärungen ..., a.a.O., S. 398.

4) Vgl. K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben ..., a.a.O., S. 64 und ders., Fertigungsplanung, in: HdB, Bd. I, 3. Auflage Stuttgart 1956, Sp. 1743.

5) Z.B. K. EICKE, Arbeitsvorbereitung ..., a.a.O., S. 5 f.; F. PRISTL, Arbeitsvorbereitung, 1. und 2. Teil, 2. Auflage Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956; K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben ..., a.a.O., S. 63 ff. und ders., Fertigungsplanung, a.a.O., Sp. 1743.

6) K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, a.a.O., Bd. 2, S. 215 f.

des Planens und Steuerns einer Fertigung an [1]. WRBA nennt wie der AWF als erstes Teilgebiet der Arbeitsvorbereitung die Fertigungsplanung und versteht darunter im wesentlichen die auf eine Produkteinheit bezogenen technischen Planungen [2]. Als weitere Teilgebiete führt er jedoch an: die Vorrichtungskonstruktion, die Vorkalkulation - worunter er die Bestimmung der Fertigungszeiten und die Bewertung der Arbeit versteht -, sowie das Auftrags- und Terminwesen. Die Fertigungssteuerung ist bei ihm eine Unterfunktion des Auftrags- und Terminwesens; dieses umfaßt noch die auftragsbezogene Ermittlung der Werkstoffe und ihre sowie aller sonstigen Betriebsmittel und Unterlagen zeitgerechte Bereitstellung. BECKMANN wiederum bezeichnet - dem AWF entgegengesetzt - die Arbeitsvorbereitung als einen Teil der Fertigungsplanung, welche "die Vorausbestimmung des Produktionsprogramms, des Fertigungsverfahrens (Einsatz der Produktionsmittel) und des Fertigungsablaufs in sachlicher, örtlicher und zeitlicher Hinsicht" umschließt [3]. KALVERAM schließlich faßt die Fertigungsplanung als der Arbeitsvorbereitung gleichbedeutend auf [4]. In der begrifflichen Abgrenzung HARTMANNs [5] umfassen "Fertigungsplanung" und "Terminwesen" alle der Fertigung unmittelbar vorausgehenden Planungs-, Steuerungs- und Kontrollarbeiten. Vorher gegeben sind das Produktionsprogramm einschließlich der Produktgestaltung, die Anlagenplanung und die produktbezogene "technische Arbeitsvorbereitung". HARTMANN dehnte den Begriff "Fertigungsplanung" verhältnismäßig weit, um daran - entsprechend der Zielsetzung seines Werkes - die Möglichkeiten automatisierter Datenverarbeitung zu zeigen, bei der Planung, Steuerung und Kontrolle der Fertigung integriert sind.

Die bisher zitierten Autoren gebrauchten dieselben Termini wie der AWF, allerdings in bisweilen völlig anderer Bedeutung. Umgekehrt bezeichnen die nachstehend genannten Wissenschaftler die Funktions-

---

1) E. KOSIOL, Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung ..., a.a.O., S. 21 f. Vgl. dagegen die S. 22 dieser Arbeit zitierte AWF-Definition der 'Arbeitsvorbereitung'.

2) M. WRBA, Industrielle Betriebswirtschaft und praktische Betriebsführung, München 1949, S. 41 ff.

3) L. BECKMANN, a.a.O., S. 48.

4) W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 281 ff.

5) [illegible]. HARTMANN, Betriebswirtschaftliche Grundlagen ..., a.a.O., S. 117 f.

bereiche zwar nicht mit den AWF-Begriffen, ihr Unterscheidungskriterium entspricht jenen aber weitgehend:
KORTZFLEISCH bezeichnet im Anschluß an BESTE die langfristige, nicht auf einen einzelnen Auftrag gerichtete Planung als "Allgemeine Arbeitsvorbereitung". Dazu zählt er die Gestaltung des Produktionssortimentes, der Produktionsbereitschaft und die generellen Anweisungen zur Nutzung der Produktionsbereitschaft [1]. HENNIG umreißt denselben Funktionsbereich mit "Gestaltung der Erzeugnisse" und "Gestaltung der Erzeugung im allgemeinen". [2] Unter "Gestaltung der Erzeugung im besonderen" versteht er ungefähr die kurzfristige Produktionsplanung, die KORTZFLEISCH als "Spezielle Arbeitsvorbereitung" bezeichnet: Aufstellung der Fertigungsprogramme, Steuerung und Überwachung des Fertigungsablaufs [3].

(2) Nach sachlicher Zusammengehörigkeit
Bei der Gliederung GUTENBERGs steht der sachlich-logische Zusammenhang einzelner Teilgebiete der Produktionsplanung gegenüber dem zeitlichen Kriterium im Vordergrund. Er unterscheidet [4]:

1. Programmplanung (Bestimmung der gewinnmaximalen Produktarten und -mengen im Planungszeitraum)
2. Vollzugsplanung
   a) Bereitstellungsplanung
      (hinsichtlich Betriebsmitteln, Arbeitskräften, Werkstoffen)
   b) Prozeßplanung
      (Planung der Größe und Reihenfolge der Fertigungsaufträge, der Termine, Zwischenläger und Produktionskosten).

---

1) G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 22 ff.

2) K.W. HENNIG, Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, 4. Auflage, Wiesbaden 1963.

3) G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 46 ff.

4) E. GUTENBERG, Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Band 1, 12. Auflage, a.a.O., S. 146 ff.

In "Planung und Plankostenrechnung" trennt auch MELLEROWICZ [1] die Produktionsplanung in Programm- und Durchführungsplanung und unterteilt letztere nochmals in Bereitstellungs- und Ablaufplanung. Die Produktionsplanung ist auf die "betriebspolitische Durchführung gesetzter Ziele" [2] gerichtet und bedarf dazu einer von Stufe zu Stufe verfeinerten Abstimmung mit anderen Teilbereichen. Die Arbeitsvorbereitung sieht MELLEROWICZ weder als Programm- noch Durchführungsplanung, sondern als deren Fortsetzung. Sie geht als auftragsweise Feinstplanung vom einzelnen Auftrag aus und bereitet ihn rechen- und fertigungstechnisch vor. Nicht mehr das ökonomische Denken in Perioden, sondern der reibungslose Fertigungsablauf steht im Vordergrund.

Die zeitbezogene Gliederung findet sich überwiegend bei Ingenieuren. Das entspricht dem Verbreitungsgebiet des AWF-Gedankenguts. Dagegen scheinen Betriebswirte die Unterteilung nach sachlicher Zusammengehörigkeit dann vorzuziehen, wenn sie Einzelprobleme der Produktionsplanung wenigstens in Ansätzen nach unterschiedlichen Fertigungsverhältnissen differenzierend behandeln [3] oder - in noch ausgeprägterem Maße - wenn sie Teilprobleme mit Hilfe operationsanalytischer Methoden zu lösen suchen [4]. Im letzten Fall liegt sachliche vor zeitlicher Zusammenfassung nahe, da die notwendige

---

1) K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Band 1: Betriebliche Planung, Freiburg i.Brsg. 1961, S. 278 ff.

2) Ebenda, S. 281.

3) Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, Stuttgart 1959, S. 12 ff. und W. LÜCKE, Produktionsplanung, a.a.O., S. 574 ff. Eine Ausnahme bildet K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben als Funktion der Fertigungstypen, a.a.O., S. 63 ff.

4) Vgl. z.B. M. SCHWEITZER, Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Diss. Berlin 1962; D. DANNER, Die Ablaufplanung mehrstufiger diskontinuierlicher Prozesse, Diss. Mannheim 1963; K. HOSS, Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden unter besonderer Berücksichtigung des Ablaufplanungsdilemmas in der Werkstattfertigung. Würzburg-Wien 1965, insbes. S. 7 ff.

"Simultaneität" [1] aller Planung wenigstens in Teilbereichen mit Hilfe mathematischer Methoden verwirklicht werden kann. Die Fertigungssteuerung als überwiegend organisatorische Tätigkeit verschließt sich ohnehin der Anwendung operationsanalytischer Methoden [2].

3. Eigene Begriffsbildung

P r o d u k t i o n s p l a n u n g bedeutet Vorbereitung aller Entscheidungen bzw. durch sie - auf tieferer Ebene - aller dispositiven und manuellen Tätigkeiten im Produktionsbereich einer Unternehmung [3].

Wie WEBER zeigte, ist 'Planung' ein vieldeutiger Begriff [4]. Eine verhältnismäßig einheitliche Vorstellung verknüpft sich indessen mit dem Wort 'Produktionsplanung'. Diese steht auf derselben Stufe wie die Absatz-, die Finanz- und die Beschaffungsplanung als vorausschauendes Durchdenken und Bestimmen der übrigen unternehmerischen Grundfunktionen. KOCH spricht von "Bereichsplanungen", die der "umrißartigen Totalplanung" rangmäßig und zeitlich nachgeordnet sind [5]. Der ökonomische Zweck der einzelnen Bereichsplanungen ist etwas verschieden: die Pläne im Absatz- und Finanzbereich wollen künftige Entwicklungen sichtbar machen (z.B. um finanzielle Engpässe zu vermeiden oder um rechtzeitig Produkte ent-

---

1) E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Band 1, 12. Auflage, a.a.O., S. 162 f.

2) Vgl. K. HOSS, Fertigungsablaufplanung ..., a.a.O., S. 9.

3) Vgl. H. WEBER, Die Planung in der Unternehmung, a.a.O., S. 35 f. und H. KOCH, Betriebliche Planung. Grundlagen und Grundfragen der Unternehmenspolitik, Wiesbaden 1961, S. 9 ff.

4) H. WEBER, Die Spannweite des betriebswirtschaftlichen Planungsbegriffs, in: ZfbF 1964, S. 716 - 724.

5) H. KOCH, Betriebliche Planung, a.a.O., S. 37.

sprechend den Markttendenzen entwickeln zu können) oder die Umwelt aktiv beeinflussen (z.B. bei der Planung einer Werbeaktion); Planung im Produktionsbereich zielt dagegen auf möglichst wirtschaftliche Leistungserstellung [1].
Werden - wie das auch hier geschieht - die Begriffe Produktion und Fertigung identisch gebraucht, so ist es nicht gerechtfertigt, andererseits zwischen Produktionsplanung und F e r t i g u n g s p l a n u n g einen Unterschied zu machen [2]. Die Gleichsetzung beider Termini wiederum ist ohne Mißverständnis nur möglich, wenn wir auf die AWF-Gegenüberstellung von Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung verzichten. Das soll geschehen: den Oberbegriff Arbeitsvorbereitung haben wir bereits abgelehnt [3] und in einer typologisierenden, möglichst viele Industrieverhältnisse berücksichtigenden Studie mit dessen Unterteilung in Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung zu arbeiten, halten wir für unzweckmäßig, da nicht jede fertigungsvorbereitende Funktion allgemeingültig als einmalig oder wiederholt anfallend angesprochen und damit der Fertigungsplanung oder der Fertigungssteuerung zugeordnet werden kann.

Stattdessen sei eine - in Beziehung zur Fertigungsdurchführung - mittelbare und unmittelbare Produktions- oder Fertigungsplanung unterschieden:

---

1) Vgl. E. SCHÄFER, Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre, a.a.O., S. 45 f.

2) Das ist der Fall bei K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Band 1, a.a.O., S. 270 und BWL der Industrie, Band 1, a.a.O., S. 213; außerdem bei Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 38, 145 und 281 ff., sowie in Dr. GABLERs Wirtschaftslexikon, 6. Auflage, Wiesbaden 1965, Band 1, Sp. 1231 und Band 2, Sp. 700. Dagegen unterscheidet B. HARTMANN, Betriebswirtschaftliche Grundlagen ..., a.a.O., S. 117 nicht zwischen Produktionsplanung und Fertigungsplanung.

3) Zur Begründung vgl. S.20 ff. der Arbeit.

Die m i t t e l b a r e Produktionsplanung betrifft die grundlegenden Entschlüsse der Planung im Produktionsbereich: das Fertigungsspektrum [1], sowie das technologische Prinzip und die Dimensionierung der Fertigungsanlagen. Es handelt sich dabei um Entscheidungen "konstitutiver Art" [2], die den Betrieb als solchen, also seinen Aufbau, sein Ziel und seinen Bestand überhaupt betreffen. KORTZFLEISCH bezeichnet etwa diesen Aufgabenkreis mit "allgemeiner Arbeitsvorbereitung"; in der Terminologie GUTENBERGs handelt es sich um die noch unabhängig von einzelnen Aufträgen zu bestimmenden Schritte der Programm- und Bereitstellungsplanung [3]. Ihrer Wichtigkeit gemäß ist diese "Generalstabsarbeit" [4] Sache der Unternehmensleitung und auf lange Sicht gedacht, also nicht auf konkrete Fertigungsaufträge gerichtet. Die Unternehmensleitung geht aus von den Planungsalternativen im Produktionsbereich und sucht entsprechend den Absatz-, Beschaffungs- und Finanzierungsmöglichkeiten die für das Unternehmungsganze erfolgversprechendste Lösung. In der Beantwortung der Frage, was in welchen Größenordnungen produziert werden soll, liegt mehr 'ökonomisches ingenium' als in der anschließenden Kombination der Produktionsfaktoren, weil es der Unternehmer auf der Absatzseite mit mehr Unwägbarkeiten zu tun hat, als im technisch-organisatorischen Fertigungsbereich aufzutreten pflegen. Konstitutive Entscheidungen beruhen meist sehr stark auf der subjektiven Einschätzung der Zukunft durch den Unternehmer; exakte, quantitative Methoden sind kaum anwendbar. Hier liegt das eigentliche Gebiet des Unternehmerischen.

Die u n m i t t e l b a r e Produktionsplanung füllt auf Grund der kurzfristig erwarteten oder tatsächlichen Marktanforderungen den durch die konstitutiven Entscheidungen der mittelbaren Produktionsplanung gesteckten Rahmen aus. Jetzt sind "situationsbe-

---

1) Zum Begriff vgl. S.25 der Arbeit.

2) C. SANDIG, Betriebswirtschaftspolitik, Stuttgart 1966, S. 134 ff.

3) Vgl. S.31 f. der Arbeit.

4) K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Bd. 1, a.a.O., S. 297.

dingte Entscheidungen" [1] dispositiver Art zu treffen und durchzuführen, die das Laufen des Betriebes und das Erreichen des Betriebszieles betreffen. Am Ende der unmittelbaren Produktionsplanung steht das Fertigungsprogramm, das genau bestimmt, welche Erzeugnisse des Repertoires in welchen Mengen, wann, wo und mit welchen verfügbaren Mitteln hergestellt werden sollen. Ergänzend ist eine Überwachung unerläßlich, damit die im Fertigungsprogramm vorgegebenen Mengen, Qualitäten und Zeitpunkte auch eingehalten werden.

WEBER unterscheidet zehn Bedeutungen von 'Planung' bzw. 'planen', für die er klarere und damit zweckmäßigere Begriffe vorschlägt. Die oben als Teil der unmittelbaren Produktionsplanung angesprochenen Funktionen sind nach WEBER treffender zu bezeichnen mit 'Fertigungsvorbereitung' [2]. Hier geht es kaum mehr um eine Abstimmung mit den übrigen unternehmerischen Grundfunktionen; das Bemühen um einen reibungslosen Fertigungsablauf steht im Vordergrund [3]. Die Entscheidungen der Fertigungsvorbereitung sind gegenüber denen der mittelbaren Produktionsplanung weniger grundlegend und nachhaltig. Das Schwergewicht der betriebswirtschaftlichen Planung verlagert sich von der Vorschau

---

1) C. SANDIG, a.a.O., S. 134 ff.

2) Vgl. dazu die sechste Begriffsauffassung bei H. WEBER, Die Spannweite des betriebswirtschaftlichen Planungsbegriffs, a.a.O., S. 720 ff. Auch MELLEROWICZ (in BWL der Industrie, Bd. 2, a.a.O., S. 213) empfiehlt, den Begriff Arbeitsvorbereitung im engeren Sinne durch den Begriff Fertigungsvorbereitung zu ersetzen.

3) Vgl. K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Bd. 1, a.a.O., S. 281 f.

zur Vorgabe und Kontrolle [1]. In der mittelbaren Produktionsplanung dominieren noch eindeutig betriebswirtschaftliche Überlegungen; zur Beurteilung der technischen Alternativen in Produktgestaltung, Fertigungsaufbau und -ablauf liefern Ingenieure die Unterlagen. Sind die grundsätzlichen Entscheidungen gefallen, werden einzelne Funktionen zu unbestrittenen Domänen der Techniker: z.B. der Anlagenaufbau, die Produktgestaltung im Rahmen der Absatzerfordernisse und besonders die ins Detail gehenden Anweisungen zur Durchführung der Fertigungsoperationen. Das gilt jedoch nur solange, als nicht geänderte Verfahren, Ausgangsstoffe oder Anforderungen des Marktes an die Produkte neue Entscheidungen verlangen [2].

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die typologische Untersuchung der unmittelbaren Vorbereitung des Fertigungsvollzugs, die etwa folgende Tätigkeiten umfaßt [3]:

---

1) Dieser Sachverhalt kommt auch in der Unterscheidung von 'Planung' und 'Vorbereitung' zum Ausdruck: 'Vorbereitung' konkretisiert und detailliert die Planung; sie steht näher an der 'Durchführung'. Anderer Ansicht ist ELLINGER, der den Begriff der Vorbereitung so weit verwendet, daß er alle Maßnahmen vor der Produktionsdurchführung umfaßt, einschließlich der 'Einrichtung' als physikalisch oder chemisch meßbarem Ausgangszustand. Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 69 f. und ders., Industrielle Einzelfertigung ..., a.a.O., S. 484.

2) Vgl. auch G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 25 ff.

3) Vgl. die Funktionsgliederungen bei K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 217 f. und K. HOSS, a.a.O., S. 7 f. Noch einige Tätigkeiten mehr umfaßt das 'Industrial Engineering' anglo-amerikanischer Unternehmungen. Vgl. H.B. MAYNARD, Handbuch des Industrial Engineering, Deutsche Ausgabe Berlin-Köln-Frankfurt, o.J. (Amerikanische Originalausgabe o.O., 1956).

1. Mitwirken bei der Produktgestaltung
2. Festlegen der zu fertigenden Arten und Mengen
3. Ermitteln der menschlichen und sachlichen Kräfte: Arbeitskräfte, Betriebsmittel, Material
4. Vorausbestimmen des örtlichen Fertigungsablaufs in 2 Schritten:
   a) zweckmäßigste Fertigungsverfahren
   b) ihre günstigste Aufeinanderfolge am zu bearbeitenden Objekt
5. Zeitliches Abstimmen der Aufträge im Fertigungsablauf
   a) Bestimmen der Arbeitsgangzeiten und Durchlaufzeiten insgesamt
   b) Festlegen der Termine, damit auch der Auftragsfolge
6. Zuweisen der Fertigungsaufträge an die Ausführungsorte und Überwachen ihrer Ausführung.

Daß diese Aufgaben 'unmittelbar' vor der Fertigungsdurchführung zu erfüllen sind, besagt nur, daß zwischen den vorbereitenden Funktionen und der Ausführung einzelner Fertigungsaufträge ein direkter Zusammenhang zu erkennen ist. Wenn Fertigungsaufträge über einen längeren Zeitraum keine Änderungen aufweisen, brauchen auch einzelne der genannten Arbeiten während dieser Zeit nicht wiederholt zu werden, ihre Ergebnisse gelten damit längerfristig. Die Grenzen zwischen mittelbarer und unmittelbarer Produktionsplanung sind fließend; sie decken sich nicht mit den besprochenen Unterscheidungen von "Allgemeiner und Spezieller Arbeitsvorbereitung" (v. KORTZFLEISCH), "Gestaltung der Erzeugung im allgemeinen und im besonderen" (HENNIG) oder "Fertigungsplanung - Fertigungssteuerung" (AWF).

Steuernde und überwachende Aufgaben haben grundsätzlich einen anderen Charakter als vorbereitende [1]. Da sie zeitlich mit der Fertigungsdurchführung zusammenfallen, müßten sie streng genommen nicht als fertigungsvorbereitende, sondern als fertigungsbegleitende Funktionen bezeichnet werden. Doch zwei Argumente rechtfer-

---

1) Vgl. J. SCHULZ, a.a.O., S. 12 und E. KOSIOL, a.a.O., S. 21

tigen die in obigem Aufgabenkatalog vorgenommene Zuordnung steuernder und überwachender Tätigkeiten zur Fertigungsvorbereitung: (1) Jede Vorbereitung bleibt nur 'guter Vorsatz auf Papier', wenn nicht alle vorausbedachten Maßnahmen lenkend in die Tat umgesetzt und die Einhaltung des Soll laufend überwacht wird. Auch liefert die Überwachung der augenblicklichen Fertigungsphase Ausgangswerte zur Vorbereitung der nächsten. Lenken und Überwachen müssen also jedes Vorbereiten notwendig ergänzen. (2) Da die deutsche Sprache keinen alle drei Gesichtspunkte umfassenden Oberbegriff kennt, der Industriebetrieb und die auf ihn bezogene Lehre aber einen brauchen, muß der Mangel an Eindeutigkeit in der Bezeichnung 'Fertigungsvorbereitung' in Kauf genommen werden.

2. Teil

DER INHALT DER FERTIGUNGSVORBEREITUNG BEI UNTERSCHIEDLICHEN FERTIGUNGSVERHÄLTNISSEN

Die enge Verflechtung der fertigungsvorbereitenden Funktionen [1] kann auch bei isolierter Darstellung nicht außer acht gelassen werden. Im folgenden werden die Teilgebiete nach sachlicher Zusammengehörigkeit und überwiegender zeitlicher Aufeinanderfolge gegliedert. Der sachliche Gesichtspunkt hat insofern Vorrang, als sachlich zusammenhängende Aufgaben, auch wenn sie in unterschiedlichen Stadien der Vorbereitung zu lösen sind (z.B. Grob- und Feinterminplanung; Ermittlung und Bereitstellung des Materials), in einem Punkt (Terminierung; Materialplanung) behandelt werden.

I. Wahrnehmen fertigungswirtschaftlicher Interessen bei der Produktgestaltung

Oberste Richtschnur in der Produktgestaltung eines Unternehmens ist zwar die Anpassung an die Forderungen des Marktes, zugleich werden mit der Gestaltung aber die Grundlagen für die Kosten gelegt, die bei der späteren Herstellung anfallen. So ist die Unternehmung auch ihrerseits bestrebt, den Markt im Interesse einer für sie möglichst wirtschaftlichen Fertigung zu beeinflussen. Was die potentiellen Kunden wünschen oder was ihnen gefallen könnte, das versucht die Marktforschung der Produktgestaltung zu vermitteln. Während deren natürliches Ziel die technologische Vollkommenheit der Erzeugnisse

---

1) Vgl. S.24 f. der Arbeit

ist, fordert die Fertigungsvorbereitung eine einfache, vereinheitlichte Produktion. Diese doppelte Blickrichtung - Erlöse und Kosten - führt zu einem Kompromiß in der Produktgestaltung und im Aufbau der Fertigung. Produkt und Fertigungsaufbau müssen bei der Ablaufgestaltung als gegeben hingenommen werden. Es ist deshalb wichtig, daß alle mit dem Fertigungsvollzug verbundenen Fragen schon bei der Gestaltung des Erzeugnisses wenigstens in den großen Zusammenhängen geklärt werden. Auch ohne die Mindestanforderungen des Marktes zu unterschreiten, bleiben zahlreiche Möglichkeiten der Vereinfachung und Vereinheitlichung der Fertigung. Der Produktgestalter wäre überfordert, sollte er von sich aus alle fertigungswirtschaftlichen Interessen wahrnehmen. Auch würde dadurch seine schöpferische Initiative gehemmt. Er soll sich bei seiner Entwicklungsarbeit frei entfalten können. Aber schon bevor endgültige Ergebnisse vorliegen, ist es eine der Erzeugnisgestaltung gleichrangige fertigungsvorbereitende Aufgabe, die Gestaltungsarbeit immer wieder an Maßstäben wirtschaftlicher Fertigung zu messen und entsprechend zu beeinflussen.

Im wesentlichen vier Teilgebiete lassen sich bei der Produktgestaltung im weiteren Sinne unterscheiden [1]:

(1) Grundlagenforschung
(2) Zweckgerichtete Neu- und Weiterentwicklung: Festlegen der Funktionen, Eigenschaften und Formen der Erzeugnisse entsprechend
    a) dem Produktzweck und
    b) den Erfordernissen wirtschaftlicher Fertigung, sowie eventueller späterer Wartung und Reparatur.
(3) Erprobung der Erzeugnisse in den verschiedenen Entwicklungsstadien hinsichtlich Eigenschaften, Funktion und fertigungsgerechter Gestaltung.

---

1) Vgl. K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 182 ff. und K. SCHNELL, Die Arbeitsvorbereitung im Industriebetrieb, Diss. Hamburg 1954, S. 70 ff.

(4) Schutz der Erzeugnisse gegen unberechtigte Nachahmungen (durch Patente und sonstige Schutzrechte), sowie umgekehrt Sorge dafür, daß fremde Rechte nicht verletzt werden.

Die laufende Mitwirkung der Fertigungsvorbereitung erstreckt sich auf die Gestaltungsfunktionen (2b) und (3). Die Tatsache, daß Gestaltungsarbeit u.a. in Konstruktionsbüros, Laboratorien, Kollektionsabteilungen, auf Prüfständen oder Versuchsfeldern geleistet wird [1], führt zu einer ersten Unterscheidung nach der G e s t a l t d e r E r z e u g n i s s e . Aus ihr ergibt sich das verschiedene Ziel der Produktgestaltung, das sich auch in den entstehenden Fertigungsunterlagen niederschlägt.

1. Produktgestaltung bei ungeformten Fließgütern

a) S t o f f u m w a n d l u n g geschieht an ungeformten Fließgütern [2]: bei chemischer Umwandlung werden Elemente vereinigt, umgruppiert oder getrennt, durch physikalische Verfahren geschieht dasselbe mit Stoffgemischen, also ohne Änderung der beteiligten chemischen Verbindungen [3]. Dennoch pflegt man die physikalische Stoffumwandlung durch mechanische, thermische, elektrische und magnetische Verfahren zur "chemischen Technologie" zu rechnen, da sie bei der Vorbereitung der Einsatzstoffe, der Einleitung und Lenkung chemischer Reaktionen, sowie bei der Aufarbeitung der Reaktionsprodukte eine große Rolle spielen und die Abgrenzung zwischen physikalischer und chemischer Umwandlung oft schwierig ist [4].

---

1) Vgl. K. EICKE, a.a.O., S. 39 ff.

2) Auch einer Stoffumwandlung unterworfene Stückgüter können hier als amorphe Massen angesehen werden, da sie für das Umwandlungsverfahren (z.B. Härten oder Magnetisieren) nicht in einer bestimmten Bearbeitungsposition fixiert werden müssen.

3) Zu den verschiedenen Methoden des Mischens und Trennens vgl. F.A. HENGLEIN, Grundriß der chemischen Technik, 11. Aufl., Weinheim 1963, S. 57-129.

4) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 63.

Die sichtbare äußere Form der durch Stoffumwandlung entstandenen Produkte ist eine erwünschte oder unerwünschte Begleiterscheinung des Fertigungsprozesses; sie wird den Erfordernissen eines kontinuierlichen Ablaufs untergeordnet. Erzeugnisse chemischer Industrien (im weiten Sinn) werden fast nur wegen ihres technischen Nutzens, einer bestimmten Wirkungsweise, nachgefragt. Einen zusätzlichen ästhetischen oder Geltungsnutzen haben sie nicht [1]. Die Gestaltungsarbeit richtet sich also auf die Substanz, die bestimmte Eigenschaften aufweisen soll [2]. Der Gestaltungsspielraum unterscheidet sich bei chemischen und physikalischen Verfahren und jeweils nach der Art der Stoffverwertung:

Umwandlungsprozesse laufen in mehr oder weniger geschlossenen Apparaturen ab, wobei die Fließfähigkeit gestaltloser Güter die Verkettung der Apparaturen zu einem geschlossenen System entsprechend dem Produktionsablauf ermöglicht. Soweit es sich um c h e m i s c h e Reaktionen handelt, drängt deren eigengesetzlicher Ablauf zu weitgehend kontinuierlicher, ja zwingt oft zu räumlich und zeitlich lückenloser Fertigung. Die hohen Investitionen und zwangsläufige Spezialisierung solcher Anlagen setzen eine gleichmäßige Fertigung auf weite Sicht in großen Mengen, damit auch eine entsprechend langfristig gültige Produktgestaltung voraus. Meist bedarf es intensiver Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, bis Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten der erforderlichen Reaktionen entdeckt und geeignete Apparaturen erfunden sind. Erfolgreiche Laborexperimente können eventuell

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien ..., a.a.O., S. 418.

2) Das schließt nicht aus, daß anschließend die äußere Form Gestaltungsprobleme aufwirft, wenn es nämlich darum geht, in welcher Form die Substanz die beste Wirkung erzielt. So ist es z.B. in der Arzneimittelindustrie Aufgabe des Galenikers als forschendem Apotheker, für ein Präparat die bestmögliche Darbietungsform (Tabletten, Ampullen, Salben, Zäpfchen o.a.) zu suchen.

erst über Versuchsanlagen in großtechnischen Dimensionen verwirklicht werden [1].

Die geringste Freiheit in der Substanzgestaltung bietet die a n a l y t i s c h e Umwandlung auf chemischem (z.B. Elektrolyse von Wasser) oder physikalischem Wege (z.B. Erdöldestillation oder Zerlegung von Luft): die Produkteigenschaften sind von der Zusammensetzung der Ausgangsstoffe her eng begrenzt und die Umwandlung ist an ganz bestimmte Verfahrensfolgen gebunden [2]. Durch die Wahl des Ausgangsstoffes beschränkt man automatisch die möglichen Eigenschaften der zu gewinnenden Substanzen, wie umgekehrt eine Substanz mit bestimmten Eigenschaften entsprechend zusammengesetztes Grundmaterial voraussetzt. Zwar ist bei chemischer Aufspaltung die Wahl unter mehreren Ausgangsstoffen möglich, sofern jeder die erforderlichen Elemente enthält. Damit verbunden ist aber nur die Entscheidung für das jeweils zugehörige Verfahren; das Produkt ist in der Regel dasselbe [3]. Trotz der Eigengesetzlichkeit chemischer Abläufe liegen Substanz und Mengenverhältnisse der anfallenden Kuppelprodukte nur bei der Zerlegung einfacher chemischer Verbindungen unabänderlich fest. Bei schwierigeren chemischen Aufspaltungen und noch mehr bei physikalisch-analytischen Umwandlungen können Art und Qualität der Substanzen - stets verbunden mit einer Verschiebung der Mengenverhältnisse - beeinflußt werden [4]. Den Anstoß zu den entsprechenden Verfahrensmanipulationen gibt aber nicht die Fertigung, denn sie wird dadurch nicht vereinfacht und nicht billiger. Veränderungen der Substanzeigenschaften und der Mengenrelationen sind vielmehr eine notwendige Reaktion gegenüber wechselnder Rohstoffbeschaffenheit auf der Herkunftsseite oder Nachfrageverschiebungen auf der Hinkunftsseite.

---

1) Vgl. KÖLBEL / SCHULZE, Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1960, S. 6 ff. und H. HOPPMANN, Die rationelle Gestaltung der chemisch-technischen Produktion, Berlin 1934, S. 44 ff.

2) Vgl. E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 25.

3) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 68.

4) Vgl. ders., Die Kuppelproduktion, a.a.O., S. 96 ff.

Bei analytischen Umwandlungsvorgängen nimmt also der Fertigungsbereich auf die Gestaltung der Substanz, die im Gegensatz zu anderen Fertigungsstrukturen schon vor der Anlagenerstellung vollständig festgelegt werden muß, direkt keinen Einfluß; indirekt nur insofern, als die Realisierung absatzwirtschaftlich gewünschter Substanzeigenschaften davon abhängt, ob neben brauchbaren Ausgangsstoffen auch technisch geeignete und wirtschaftlich vorteilhafte Verfahren bekannt sind. Lediglich die für den Absatz unwichtige und infolge der Fließeigenschaft wenig ausgeprägte äußere Form der Erzeugnisse hängt vom Fertigungsprozeß ab.

U m g r u p p i e r e n d e Stoffumwandlung läßt der Produktgestaltung nur wenig mehr Raum als analytische. Die chemische Trennung und Neuvereinigung von Stoffen ist wiederum an enge naturgesetzliche Bahnen gebunden. Eine Änderung der physikalischen Eigenschaften von Stoffen - also ohne dabei die Substanzzusammensetzung zu beeinflussen - kommt selten als selbständige Aufgabe vor. Meist werden solche Vorgänge wie Änderung von Temperatur, Aggregatzustand, Druck und Dichte als Vor- oder Nachstufe anderer Umwandlungs- oder Umformungsverfahren notwendig, gelegentlich auch, um Lagerung oder Transport technisch möglich oder wirtschaftlich zu machen [1].

S y n t h e t i s c h e Stoffumwandlung bietet der Gestaltung ungeformter Fließgüter den vergleichsweise größten Spielraum. Schon bei c h e m i s c h e r Technologie können komplizierte Verbindungen mit entsprechend variierenden Substanzeigenschaften aufgebaut und in manchen Fällen kann diese Umwandlung zudem mit einer äußeren Umformung der amorphen Ausgangsstoffe in konstruktiv festgelegte Güter kombiniert werden. Das ist z.B. der Fall beim Spritzen oder Pressen von Kunststoffprodukten. Normung und Typisierung in der Produktgestaltung zur Rationalisierung chemisch-synthetischer Stoffumwandlung spielt indessen nur eine Rolle bei der Herstellung der fast unübersehbaren Zahl makromoleku-

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 30 ff.

larer organischer Kunststoffe; in den übrigen Bereichen beschränkt man sich darauf, den Reinheitsgrad der sog. technischen Chemikalien und die Konzentration von Mischungen einheitlich festzulegen [1].

Ob eine Produktvariation nach der Projektierung der Anlagen noch möglich ist, hängt vom Rhythmus und der Unterbrechbarkeit des Fertigungsprozesses ab: Während etwa die Herstellung synthetischer organischer Farbstoffe chargenweise mit verhältnismäßig viel Handarbeit geschieht [2], erfordern die massenhaft hergestellten anorganischen Erzeugnisse meist kontinuierlich arbeitende Anlagen [3]. Hier ergibt sich dann aus der Spezialisierung der Fertigungsapparatur, was bei analytischer Stoffverwertung primär aus dem verfügbaren Ausgangsmaterial folgt [4]: Einem Absatzrückgang kann nicht durch Produktvariation begegnet werden; es bleibt nur die Möglichkeit, für das unveränderte Erzeugnis neue Verwendungsmöglichkeiten zu erschließen.

Bei p h y s i k a l i s c h e n Stoffgemischen dagegen können nicht nur die Mengenverhältnisse, sondern auch die Produkteigenschaften bei gegebenen Anlagen in weiten Bereichen verändert werden. Beispiele bieten die Mischung von Anstrichstoffen aus Lakken und Farbstoffen, von Kosmetika, Pasten und Lösungen. Oft stellen die physikalisch-synthetischen Vorgänge eine Nachstufe zu

---

1) So erzeugt man z.B. bei der weißen Deckfarbe Lithophone, für deren Färbevermögen der Anteil von Zinksulfid bestimmend ist, nur 6 Beimischungsstufen zwischen 15 und 60 % ZnS. Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 517 f.

2) Vgl. ebenda, S. 570.

3) Vgl. ebenda, S. 353.

4) Vgl. E. SCHÄFER, Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, in: ZfhF, N.F., 15. Jg. 1963, S. 545.

5) Beim Markenartikel Zigarette die sog. Mischungstreue zu wahren, stellt die Verantwortlichen wegen der quantitativ wie qualitativ erheblich schwankenden Ernten vor besondere Probleme. Vgl. E. SUNDHOFF, Grundlagen und Technik der Beschaffung, Essen 1958, S. 280.

analytischen Umwandlungsprozessen dar: die Produkte werden dadurch dem Verwendungszweck entsprechend aufbereitet oder absatzpolitisch attraktiver gemacht (z.B. markenindividuelle Färbung von Benzin). Bei physikalisch-synthetischen Umwandlungen drängt zwar ebenfalls die Formlosigkeit der Stoffe zusammen mit großen Absatzmengen zu einem kontinuierlichen Fertigungsfluß, es besteht aber kein naturgesetzlicher Zwang wie bei vielen chemischen Umwandlungen. Diskontinuierliche Verfahren in einzelnen Chargen sind aber weit weniger spezialisiert als kontinuierliche[1], man könnte deshalb laufend in weiten Grenzen die Produkte so variieren, wie es der Vertrieb zur Absatzförderung für richtig hält. Hier muß die Fertigungsvorbereitung einen Gegenpol bilden: gerade die fast unübersehbaren Variationsmöglichkeiten bei Stoffgemischen machen Vereinheitlichungsbestrebungen lohnend, wenn auch sehr schwierig. Daher scheinen sie auch noch wenig Erfolg zu haben [2].

b) Eine U m f o r m u n g gestaltloser Fließgüter [3] ist besonders häufig in der sog. Chemischen Industrie: Rohstoffe werden durch physikalische, insbesondere mechanische Verfahren für die Reaktion vorbereitet, die Reaktionsprodukte aufgearbeitet oder Rohstoffe aus der lebenden Natur (Holz, Zucker, Fette, Wachse u.a.) veredelt, wobei mit der Stoffumwandlung auch eine bewußte Formung einhergeht [4]. Solche der Reaktionsvorbereitung dienende Umformung wird - wie auch die Umwandlung - ausschließlich vom Streben der nachfolgenden Erzeugungsstufe nach einer schnellen und vollständigen Reaktion bestimmt. Die Umformung bezieht sich auf die Ausgangsstoffe, dient also nur mittelbar der Gestaltung von Endprodukten.

---

1) Vgl. dazu P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 108 ff.

2) Zu Normierungsbestrebungen bei Anstrichstoffen vgl. z.B. den Hinweis von F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 756.

3) Von "Umformung ungeformter Fließgüter" zu sprechen, scheint widersinnig. "Ungeformt" bezieht sich aber nur auf die Tatsache, daß die Teilchen keine bewußt festgelegten geometrischen Formen aufweisen. Andererseits handelt es sich bei den im folgenden genannten Verfahren eindeutig um eine Umformung der äußeren Gestalt, ohne dabei die Substanz zu ändern.

4) Einzelheiten und Beispiele vgl. bei F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 31 - 48.

Die Gestaltung möglicher Enderzeugnisse eines Betriebes liegt dagegen vor, wenn die Umformung an Reaktionsprodukten oder nur veredelungsbedürftigen Naturstoffen geschieht. Hier richtet sich die Teilchengröße nach dem Verwendungszweck (z.B. bei Würfel-, Kristall- oder Puderzucker); auch beste Verpackungsweise, rationeller Transport und bei verderblichen Stoffen der Aspekt der Haltbarkeit können für den Grad der Zerteilung bzw. Agglomeration von Bedeutung sein. Die Fertigung kann diesen Einflußgrößen ohne große Schwierigkeiten nachgeordnet werden: Umformungsverfahren sind tendenziell weniger zwangsläufig, kapitalintensiv und starr als Umwandlungsverfahren, deshalb können der Umformungsprozeß beliebig unterbrochen und der Feinheitsgrad in den Grenzen des Verfahrens geändert, also verschiedene Sorten hintereinander erzeugt werden. So braucht bei der an sich schon sehr geringen äußeren Gestaltung ungeformter Fließgüter der Fertigungsbereich kaum berücksichtigt zu werden.

Da ungeformte Fließgüter allgemein nur wegen ihres Verwendungsnutzens gekauft werden und selbst weder ästhetische Empfindungen noch den sozialen Geltungsdrang des Kunden ansprechen können, wird ihre Verpackung oft über das vom Produkt her notwendige Maß hinaus gestaltet: Säcke, Beutel, Kartons, Flaschen, Dosen, Tuben usw. der unterschiedlichsten Größen, Formen, Farben, Materialien und Beschriftungen sollen möglichst vielen Verwendungszwecken und Geschmacksrichtungen gerecht werden. Die Fertigungsvorbereitung wird dahin wirken, daß auch hier die Kosten der Vielfalt in vertretbarem Verhältnis zum Nutzen stehen [1] und daß sich die verbleibenden Packmittel für eine schnelle und störungsfreie Verpackung eignen.

---

1) Vgl. z.B. H. GRUNDMANN, Die Mehrkosten bei der Verpackung kleiner Aufträge in der pharmazeutischen Industrie, in: Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse im Vergleich zur Herstellung vereinheitlichter Erzeugnisse, hrsg. v. Th. BESTE, Köln und Opladen 1957, s. 183 - 188.

2. Produktgestaltung bei geformten Fließgütern

Geformte Fließgüter werden ähnlich wie gestaltlose Massen vorwiegend wegen ihres Gebrauchsnutzens nachgefragt. Selten stehen modische Gesichtspunkte im Vordergrund, wie z.B. beim Entwurf von Stoffen oder Tapeten. Zunächst muß die Substanz dem Verwendungszweck entsprechende Eigenschaften aufweisen. Diese werden zum größten Teil bereits den Ausgangsstoffen als noch amorphen Massen (z.B. Eisen, Gummi, Fasern, Glas) mitgegeben.
Die Faden-, Stangen-, Röhren- oder flächige Form der Güter (z.B. Garne, Kabel, Schläuche, Flachglas, Gewebe) muß nach zwei Dimensionen konstruktiv festgelegt werden. Die dritte Dimension, die Länge, kann vom Verfahren her grundsätzlich endlos sein und wird nur von den Auftragsgrößen im Ein- und Verkauf, der Transportmöglichkeit, sowie der periodisch notwendigen Reinigung und Wartung der Apparatur begrenzt. Zweidimensional geformte Fließgüter eignen sich gut für kontinuierliche Erzeugung, was gleichbedeutend ist mit einer spezialisierten Mechanisierung. Nur selten ist die Nachfrage nach einem geformten Fließgut in großer Menge und über einen langen Zeitraum auf nur eine Ausführung gerichtet, die Regel ist die Neben- und Nacheinanderfertigung verschiedener verwandter Erzeugnisse. Geformte Fließgüter sind also typische Objekte der Sortenfertigung, deren produktionspolitisches Streben ist: Vermeidung von Sortenwechseln und Verringerung der Kosten notwendiger Sortenwechsel.

Die Produkte so zu gestalten, daß nicht mehr oder besseres Material verwendet wird, als es der Verwendungszweck erfordert, daß die Anforderungen an Oberflächengüte, Festigkeit, Haltbarkeit und dgl. nicht größer sind als notwendig, daß kostengünstige Verfahren angewendet werden können usw., diese Forderung nach V e r e i n f a c h u n g ist eine selbstverständliche Voraussetzung wirtschaftlicher Produktion [1]. Sie führt auch bei Sortenfertigung zum Ver-

---

1) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, 1. Band, 12. Aufl., a.a.O., S. 128 f.

zicht auf vermeidbare, erleichtert nicht vermeidbare Sortenwechsel und senkt die proportionalen Kosten der Bearbeitung.
Schwieriger, aber auch lohnender als die Vereinfachung des einzelnen Produkts ist die V e r e i n h e i t l i c h u n g mehrerer Zwischen- und Endprodukte. Vereinfachung und Vereinheitlichung ist nicht dasselbe: Vereinfachen durch Weglassen von Details kann zwar zugleich Vereinheitlichung bedeuten, aber nur, wenn die Details sortenbildend waren; umgekehrt kann das Sortiment vereinheitlicht werden, ohne die Erzeugnisse zu vereinfachen [1].
Das Streben nach Vereinheitlichung erstreckt sich gleichermaßen auf Ausgangsstoffe, Zwischen- und Endprodukte: Durch Verwendung desselben Ausgangsstoffes für verschiedene Enderzeugnisse und Angleichen der ersten Arbeitsgänge gelangt man zu einer verringerten Anzahl von Zwischenerzeugnissen. Ihre Herstellung ist in größeren Losen möglich, da sich in ihnen der Bedarf seither getrennter Sorten vereinigt. Unter fertigungswirtschaftlichen Gesichtspunkten soll die "Sortenweiche" [2], d.h. der Punkt, an dem die bisher eingleisig verlaufende Fertigung mehrbahnig wird, möglichst weit in Richtung Enderzeugnis hinausgeschoben werden; desto länger wird der Teil des Fertigungsprozesses, der die Vorteile größerer Lose genießt. Ein geformtes Fließgut erfordert eine Reihe von Arbeitsgängen an ein und demselben Ausgangsstoff. Die Vereinheitlichung kann immer nur auf den ersten Arbeitsgang nach der Sortenweiche ausgedehnt werden und wirkt auf alle vorherigen Stufen zurück. Das macht die Vereinheitlichung schwieriger als bei zusammengesetzten Stückgütern: dort werden die Einzelteile nebeneinander gefertigt und ihre Vereinheitlichung kann deshalb unabhängiger voneinander erfolgen.

---

1) H. OHSE, Wirtschaftliche Probleme industrieller Sortenfertigung, Köln und Opladen 1963, S. 573 - 605 weist auf zahlreiche produktionspolitische Maßnahmen bei 'Sortenfertigung' hin. Da er aber den Begriff der Sorte sehr weit faßt und ihn z.B. auch auf kompliziert zusammengesetzte Stückgüter bezieht, gehören die von ihm erwähnten Maßnahmen der 'Sortenvereinheitlichung' nur zum Teil hierher. Auf sie wird wegen weiterer Einzelheiten und Begründungen zu den folgenden Ausführungen vor allem verwiesen.

2) Vgl. W. HASENACK, Vierzig Thesen zum Kapazitätsproblem, in: Handelsblatt Nr. 46 v. 20.11.1947, S. 1.

Dafür besteht bei der Gestaltung geformter Fließgüter eher die Möglichkeit, nicht notwendig von Sorte zu Sorte verschiedene Arbeitsgänge vorzuziehen und stark sortendifferenzierende Maßnahmen an das Ende des Fertigungsprozesses zu verlegen. OHSE [1] nennt Beispiele aus der Textil- und Papierindustrie: Man färbt einfarbige Gewebe erst nach dem Webprozeß in einem Stück, anstatt bereits gefärbte Garne zu verarbeiten. Damit kann der gesamte Bedarf einer Qualität zusammenhängend gewebt werden, während sonst jede neue Garnfarbe einen Sortenwechsel beim Weben bedingen würde. Auch an der Papiermaschine sind Farbwechsel kostspielig und werden nach Möglichkeit in einen späteren Arbeitsgang verlegt.
Am Beispiel der Papierherstellung läßt sich noch ein anderes fertigungswirtschaftliches Streben verdeutlichen: Ein Farbwechsel kann langen Stillstand und gründliche Reinigung der Apparatur notwendig machen, während ein Wechsel der Papierstärke nur geringe Kosten verursacht. Es sind also nicht alle sortenbildenden Merkmale von gleichem fertigungswirtschaftlichem Gewicht. Für die Produktgestaltung ist daraus zu folgern, daß sie die absatzpolitisch erwünschte Vielseitigkeit im Angebot durch Abwandlung der kostenmäßig weniger einflußstarken Sortenmerkmale zu erreichen sucht.
Sind die Sortenunterschiede nur gering, beschränken sie sich insbesondere nur auf die Abmessungen, so kann die Sortenweiche bereits als das Ende des eigentlichen Fertigungsprozesses angesehen werden. Aus der verhältnismäßig kleinen Zahl der Werksorten entsteht meist durch einen Trennvorgang das vollständige Angebot an Marktsorten [2]. Beispiele finden wir im Schneiden von Papier oder Tafelglas auf verschiedene Formate, von breiten Stahlbändern auf schmälere, beim Kürzen von standardlangen Rohren u.ä. Bei der äußeren Produktgestaltung ist hier vor allem auf zwei Dinge zu achten: Einmal sind die Abmessungen der Werksorten so zu wählen, daß möglichst die volle Arbeitsbreite der Maschine ausgenützt wird. Dadurch können die unabhängig von der Nutzung der Produktbreite an-

---

1) H. OHSE, a.a.O., S. 592 f.
2) Vgl. ebenda, S. 596 ff.

fallenden, vor allem laufzeitabhängigen Kosten auf eine größere Materialmenge verteilt werden. Zum andern ist bei geformten Fließgütern die Gefahr, durch das Schneiden unverwertbare Reststreifen zu erhalten, um so geringer, je weiter die Breiten von Werk- und Marktsorten auseinanderliegen. Je breiter die Werksorte, um so besser läßt sie sich durch Kombination verschiedener schmälerer Marktsorten ausnutzen [1].

Eine Möglichkeit der Vereinheitlichung von Endprodukten, ohne dabei die Angebotsbreite zu schmälern, ist die Entwicklung von Erzeugnissen mit vielseitigerer Verwendungsmöglichkeit. Geformte Fließgüter scheinen hierfür besonders geeignet, da sie in der Regel keine persönlichen ideellen Anforderungen, sondern nur einen realen Zweck erfüllen sollen. Mit der in einem Erzeugnis zu vereinigenden Verwendungsbreite steigen jedoch die Kosten für Entwicklung, Material und Bearbeitung, weil das Produkt dem die höchsten Anforderungen stellenden Zweck genügen muß. So findet das Streben nach vielseitig verwendbaren Erzeugnissen dort seine Grenze, wo die Einsparung an fixen Sortenwechselkosten - ermöglicht durch den auf eine Sorte zusammenfallenden Bedarf - von den proportionalen Mehrkosten aufgehoben wird; es sei denn, die Vielseitigkeit ist für den Abnehmer wertvoll und er deshalb bereit, einen höheren Preis zu bezahlen.

Die maximale Veredelungsmöglichkeit eines Betriebes wird nicht immer ausgenützt. Im Verkaufssortiment erscheinen auch Produkte, die im selben Betrieb noch weiterverarbeitet werden und damit zugleich Zwischenerzeugnisse sein können. Eine Papierfabrik kann ihre Ware z.B. in Rollen, auf Format geschnitten, abgepackt oder sogar zu Umschlägen, Tüten usw. verarbeitet anbieten. Bei der Produktgestaltung ist unter fertigungswirtschaftlichem Aspekt darauf zu achten, daß die verkaufsfähigen Zwischenprodukte möglichst unverändert als Ausgangsstoffe für die höheren Fertigungsstufen verwendet werden können. Dabei wird zweckmäßigerweise das verkaufsfähige Zwischenprodukt den Erfordernissen der weiteren innerbetrieblichen Bearbeitung angepaßt. Erst dann, wenn diese Umgestaltung zu Absatz-

1) Vgl. auch W. WOLF, Maßnahmen zur Senkung der Sortenwechselkosten, Diss. Universität Erlangen, in: Sonderdruck aus der Zeitschrift BFuP 1956, Heft 7/8, Wolfenbüttel o.J., S. 25.

nachteilen führen könnte, muß die Vereinheitlichung durch ein Umgestalten der im Fertigungsprozeß verbleibenden Einheiten versucht werden.
Drahtseile bieten ein besonders treffendes Beispiel dafür, wie ein Erzeugnis zugleich Endprodukt und Zwischenprodukt für weitere Bearbeitung im gleichen Betrieb sein kann. Starke Seile erhält man durch Zusammenschlagen mehrerer dünner Seile, die für sich betrachtet ebenfalls vollwertige Endprodukte sind. Beträchtliche Kostenvorteile ergeben sich aus dem übereinstimmenden Produktionsgang in entsprechend größeren Losen, zudem wird bei den dünnen Seilen eine Fertigung auf Lager möglich, was dann Bestellungen auf stärkere Seile in kurzer Zeit auszuführen erlaubt. Starke und dünne Seile sind so zu gestalten, daß die Fertigungs- und Lagervorteile ausgenützt werden können, ohne daß der Gebrauchswert eines der Seile dadurch sinkt.

Technische Durchführbarkeit und Rücksicht auf die Kundschaft setzen der Vereinheitlichung eine äußerste Grenze. Wie weit man sich ihr nähert, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit [1]. Kostensenkend wirkt die Einsparung von Sortenwechseln durch die Konzentration des Bedarfs auf weniger Erzeugnisse, während andererseits proportionale Mehrkosten als Preis für die Vielseitigkeit eines Produktes anfallen. Neben mehr und besserem Material sowie hochwertigerer Arbeitsleistung sind hier auch die anteiligen Kosten der Entwicklung zu beachten. Die Verminderung der Sortenzahl erscheint dort besonders lohnend, wo wir hohe Sortenwechselkosten, geringe Sortenverwandtschaft, kleine Lose, kurze Lieferfristen und begrenzte Lagermöglichkeiten haben. Ferner wirkt sie sich bei Auftragsfertigung wesentlich vorteilhafter als bei Lagerfertigung aus, weil hier ohnehin in stückkostengünstigen Losgrößen produziert wird, während bei Auftragsfertigung z.B. der doppelte Absatz eines Mehrzweckproduktes pro bestimmtem Zeitraum auch eine Verdoppelung der Los-

---

1) Vgl. H. OHSE, a.a.O., insbes. S.575 f. und 590 f.

größe ermöglicht. Eine beträchtliche Kostenersparnis kann sich zusätzlich ergeben, wenn durch größere Lose kostengünstigere, vor allem stärker mechanisierte Verfahren möglich werden. Da wir meist in den ersten Fertigungsstufen gegenüber den späteren eine stärkere Mechanisierung finden, fordern umgekehrt die hier besonders hohen Sortenwechselkosten ein intensives Bemühen um Vereinheitlichung im Gestalten der Zwischenprodukte. [1]

3. Produktgestaltung bei Stückgütern

Die äußere Form von Stückgütern ist konstruktiv eindeutig nach allen drei Dimensionen festgelegt. Als Ausgangsstoffe dienen für das Urformen amorphe Massen (so beim Gießen, Sintern oder Pressen pulvriger Substanzen), für das Umformen (wie Walzen, Biegen, Schmieden), Trennen (durch Schneiden oder die verschiedenen spanabhebenden Verfahren) und Fügen (so u.a. durch Schweißen, Kleben, Nähen, Verschrauben) bereits mehr oder weniger konstruktiv festgelegte Vorformen [2]. Im Verlaufe eines Fertigungsprozesses werden in der Regel mehrere Verfahren benötigt und zwar meist in der oben genannten Reihenfolge. Bei mehrstufiger synthetischer Stoffverwertung ist die "progressive Sortendivergenz" [3] besonders ausgeprägt, das heißt die Zahl möglicher Produktvariationen durch Kombination verschiedener Teile steigt stark überproportional zur Zahl der hintereinander geschalteten Arbeitsgänge. Entsprechend vielseitig und ausgeprägt muß hier der fertigungswirtschaftliche Einfluß bei der

---

1) Zu weiteren vorteilhaften Auswirkungen der Vereinheitlichung im Fertigungsprozeß, aber auch auf Beschaffung, Lagerung, innerbetriebliches Transportwesen und Vorkalkulation vgl. Th. BESTE, Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse im Vergleich zur Herstellung vereinheitlichter Erzeugnisse, Köln und Opladen 1957, S. 27 ff. Im 2. Teil dieser Arbeit beweisen 23 empirische Einzeluntersuchungen in Betrieben verschiedener Industriezweige die Kostenvorteile der Vereinheitlichung.

2) Zu den verschiedenen Formgebungsverfahren vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 37 ff.

3) ders., Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 679.

Produktgestaltung sein. Zusammenfügende Fertigungsvorgänge stehen daher bei den folgenden Ausführungen im Vordergrund, zumal hinsichtlich Urformen, Umformen und Trennen auf das schon bei der Behandlung der Fließgüter Gesagte verwiesen werden kann [1].

Bei der Fertigung von Stückgütern finden überwiegend physikalische Verfahren Anwendung. Unter ihnen geben besonders die mechanischen Verfahren dem Konstrukteur grundsätzlich weitgehende Freiheit in der Formgestaltung einfacher Körper, wie auch bei deren Zusammenfügen zu komplizierten Aggregaten. Zwar unterliegt auch mechanische Technologie einer Reihe von Naturgesetzen, doch die Art und Reihenfolge der für ein Verfahren charakteristischen Kombination von Kräfteeinwirkungen und Bewegungsabläufen kann in diesen weiten Grenzen frei bestimmt und gesteuert werden. Diese unerschöpfliche Formenvielfalt immer wieder neu oder zu Verbesserungen vorhandener Erzeugnisse zu nutzen und so einen Vorsprung gegenüber der Konkurrenz zu gewinnen, ist Hauptziel der Produktgestaltung. Bei Investitionsgütern und Konsumerzeugnissen des gehobenen Bedarfs hängt der Erfolg im Wettbewerb bis zu einem bestimmten Grad mehr von zweckgerechter, technisch ausgereifter und ästhetisch ansprechender Gestaltung als vom Preis der Produkte ab [2]. In vielen Fällen allerdings müssen sich die Gestaltungsbemühungen mit eventuell zwar ins Auge stechenden, vom Gebrauchsnutzen her gesehen aber doch recht nebensächlichen Änderungen der Form, Farbe usw. begnügen. Das gilt insbesondere für modeabhängige Zweige wie die konsumnahe Textil- und Lederindustrie. In diesen sog. Musterungsindustrien, die den Käufergeschmack in Material, Schnitt und Farbe ihrer Erzeugnisse treffen müssen, erfordert die einmalige Gestaltungsarbeit zwar vergleichsweise weniger Aufwand, sie wird aber dennoch zum Zentralproblem, weil sie unter Umständen zu jeder

---

1) Soweit es sich um verhältnismäßig kleine, nicht oder nur einfach zusammengesetzte Stückgüter handelt (wie z.B. Bohrer, Schrauben, Drahtstifte, Scheren, Gebrauchsporzellan, Bleistifte), gelten die Überlegungen zur Sortenfertigung geformter Fließgüter (vgl. S.49 ff.).

2) Das überragende absatzpolitische Gewicht, das einem Qualitätsvorsprung beim Bau von Sondermaschinen zukommt, betont W. PFEIFFER, Absatzpolitik bei Investitionsgütern der Einzelfertigung, Stuttgart 1965, S. 39 - 96 und insbes. S. 150.

Jahreszeit neu gelöst werden muß. Im Interesse der Absatzbelebung fördert und steuert die Unternehmung sogar den schnellen Geschmackswandel beim Kunden. Das große Risiko einer Fertigung auf Lager versucht sie oft dadurch zu mindern, daß sie die besten und frühzeitig disponierenden Kunden insofern an der Produktgestaltung mitwirken läßt, als diese aus einer vorgelegten Musterkollektion die ihrer Meinung nach erfolgversprechendsten Variationen aussuchen [1]. Der Fertigung bringen die Modellwechsel keine besonders schwierigen Umstellungsprobleme, da die Arbeitsgänge und ihre Aufeinanderfolge im Grundprinzip gleich bleiben und auch ohne periodische Wechsel meist keine wesentlich stärkere Mechanisierung möglich wäre. Fertigungswirtschaftliche Wünsche an die Produktgestaltung können bei Musterungsindustrien nur dann mehr beachtet werden, wenn die Unternehmung eine sehr starke Marktstellung innehat und 'Mode diktieren' kann.

Grundsätzlich können die Interessen der Fertigung bei der Produktgestaltung umso eher berücksichtigt werden, je weniger die Form des Erzeugnisses durch seine spätere Funktion bestimmt wird und je geringer sein volkswirtschaftlicher Reifegrad ist: Die bei den geformten Fließgütern schon genannten Forderungen nach V e r e i n f a c h u n g des Produktes gelten auch hier. Darüber hinaus erleichtern bei Stückgütern mit Hilfe von Zirkel und Lineal konstruierte, also geometrische statt freie Produktformen die Fertigung, weil sie sich auch maschinell durch kreisförmige und geradlinige Bewegungssysteme einfach realisieren lassen [2].

Das Bemühen um V e r e i n h e i t l i c h u n g kann sich auf Endprodukte, deren einzelne Teile oder auf Bearbeitungsvorgänge beziehen [3]. Die dabei jeweils zu bedenkenden Kostenvor- und -nach-

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 673 f.

2) Vgl. ders., Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 35.

3) ders., Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 676 spricht von horizontaler und vertikaler 'produktions-komplementärer' Kombination aus Markt- und Kundenfertigung. Im ersten Fall führt das Streben nach Ausnützung der Beschäftigungs- und Kostenvorteile im Produktionsbereich zu einem Nebeneinander von Fertigung auf Lager und nach Bestellung, im zweiten zum Nacheinander von Teilefertigung 'auf Verdacht' und Montage nach Auftrag.

teile entsprechen denen bei der Produktgestaltung geformter Fließgüter [1]. Sofern sich Maßnahmen direkt auf die Angebotsbreite auswirken, etwa durch Zusammenfassen oder Ausscheiden von Endprodukten, gehören sie in den Rahmen der Absatzpolitik. Die Fertigung kann zu solchen Entscheidungen nur Anregungen geben und Unterlagen liefern.

Durch die Entwicklung von Mehrzweckprodukten kann die Zahl unterschiedlicher Enderzeugnisse verringert und die Vielseitigkeit des Angebots dennoch erhalten werden. Bei Stückgütern ist diese Vereinheitlichungsmöglichkeit allerdings noch stärker begrenzt als bei geformten Fließgütern, da Stückgüter über ihre praktische Eignung hinaus eher ideellen Anforderungen genügen sollen. Während die Entwicklung von vielseitig verwendbaren Werkzeugmaschinen z.B. sicher ein positives Echo findet, ist bei mehr der Mode und dem Geschmackswandel unterworfenen Erzeugnissen des persönlichen Bereichs gerade das Besondere ein entscheidendes Werbeargument [2].

Mehr als die Endprodukte sind bei zusammengesetzten Stückgütern die Produktteile Gegenstand des Vereinheitlichungsstrebens [3]. Wird jedes Teil, das nicht innerhalb eines Erzeugnisses oder von Endprodukt zu Endprodukt notwendig verschieden ist, einheitlich gestaltet, so ergeben sich bei Eigenfertigung wie Fremdbezug erhebliche Kostenvorteile durch größere Lose bzw. Bestellmengen.

Die Normung von Einzelteilen und einfachen Gegenständen des täglichen Bedarfs bereitet von der Konstruktion her geringe Schwierigkeiten und führt gleichwohl auf Grund der großen Bedarfsmengen und der meist überbetrieblichen Geltung der Normen zu großen Vorteilen

---

1) Vgl. S. 53 f. der Arbeit.

2) Vgl. Th. BESTE, Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse ..., a.a.O., S. 25.

3) Vgl. H. STEINMANN, Rationalisierung in der Einzel- und wechselnden Kleinserienfertigung durch Zusammenfassung von Ähnlichkeitsteilen, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1753 - 1758.

beim Hersteller, Händler und Verbraucher [1]. Je mehr Produkte und in je kleineren Mengen sie gefertigt werden, um so notwendiger wird die Beachtung allgemeiner Normen in der Gestaltungsarbeit [2].

Höhere Stufen der Vereinheitlichung bedeuten die Verwendung gleicher Grundkonstruktionen für mehrere Endprodukte und die Kombination einheitlicher Bauteile zu verschiedenen Endprodukten im sog. Baukastenprinzip [3]. Beide Formen werden unter der Bezeichnung Typung oder Typisierung zusammengefaßt. Während mit Normung die Vereinheitlichung in den Maßen einzelner Teile oder 'aus einem Stück' gestalteter Endprodukte gemeint ist, bezieht sich Typung auf zusammengesetzte Enderzeugnisse oder deren Baugruppen. Die Grenzen sind freilich fließend.

Die Verwendung einer einheitlichen Grundkonstruktion bringt für die gemeinsamen Fertigungsstufen alle Vorteile größerer Serien. Die anschließende Differenzierung erfolgt durch verschiedene Ausstattungen, Zubehörteile oder geringfügiges Nacharbeiten, wobei dann ohne große Nachteile für den Fertigungsbereich dem Absatzmarkt eher Zugeständnisse gemacht werden können. Bei technisch entwicklungsfähigen oder Geschmackswandlungen unterworfenen Produkten ist wichtig, daß die Grundkonstruktion dem gegenwärtigen allgemeinen technischen Stand möglichst voraus sind, um für eine längere Zeit immer wieder neue Varianten in den Endprodukten zu ermöglichen.

---

1) Das gilt besonders, wenn die Vereinheitlichung durch Vereinbarung für die gesamte Wirtschaft gilt. Dieser "konventionalen" stellt BESTE die "autonome" Vereinheitlichung gegenüber, die ein Betrieb aus eigenem Entschluß nur für sich durchführt. Vgl. Th. BESTE, Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse ..., a.a.O., S. 11.

2) Zum Wesen der Normung, ihrer Abgrenzung zur Typisierung, den Vorteilen vernünftiger und den Gefahren übertriebener oder unelastischer Normung vgl. u.a. K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, a.a.O., S. 224 bis 238; W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 257 ff.; E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 126 ff.

3) Zur Definition vgl. J. ICKERT, Konstruktionsgrundsätze für den Aufbau eines rationellen Erzeugnisprogramms, in: VDI-Zeitschrift Bd. 103 (1961), S. 1265 f.

Die Vorteile des Baukastenprinzips kommen nur dann voll zur Geltung, wenn von vornherein eine gewisse Systematik und Geschlossenheit gewährleistet ist. Das erschwert die Gestaltungsarbeit gegenüber der Vereinheitlichung von Einzelteilen, die unabhängig voneinander an mehreren Stellen zugleich und in allmählicher schrittweiser Vervollkommnung erfolgen kann. Schon bei wenigen Ausführungen funktionsgleicher Bauteile - die sich im Idealfall alle gegenseitig austauschen lassen - gelangt man zu einer großen Zahl theoretisch möglicher Kombinationen; praktisch sind freilich nicht immer alle zu gebrauchen oder werden nicht nachgefragt. Die Forderung der Fertigung an die Produktgestaltung geht dahin, die absatzpolitisch nun einmal als unerläßlich betrachteten Abwandlungen der Endprodukte jeweils in einem eigenen, möglichst einfachen Bauteil niederzulegen und außerdem die Verbindungselemente so aufeinander abzustimmen, daß ein alternatives Zusammenfügen der Bauteile ohne praktisch bedeutsame Ausnahme und auf einfache Weise möglich ist. Das Entwickeln umfassender Baukastensysteme bedarf wesentlich größerer Anstrengungen als die Vereinheitlichung weniger Einzelteile unter vielen. Wird der Markt richtig beurteilt, ist die Differenz aus eingesparten Fixkosten und proportionalen Mehrkosten auch entsprechend größer. Andererseits haben Fehleinschätzungen gefährlichere Folgen. Das Risiko wird vernünftigerweise dadurch gemindert, daß die Vereinheitlichungsmaßnahmen nicht jeweils bis zu größter Perfektion vorgetrieben werden, sondern sich gegenseitig auf weniger ausgeprägten Stufen ergänzen.
Gelingt es nur in geringem Maße, Einzelteile oder Baugruppen einander anzugleichen, so ist bei der Produktgestaltung noch an eine Vereinheitlichung der Arbeitsgänge und ihrer Aufeinanderfolge zu denken. Auch dadurch lassen sich schon Kostenvorteile erreichen, da z.B. Maschinen nur geringfügig umgestellt werden müssen oder der Arbeiter bei wenig abweichenden Arbeitsgängen eine höhere Fertigkeit gewinnt. Die besonderen Gegebenheiten des Fertigungsbereiches sollten schon bei der Produktgestaltung beachtet werden. Konkret bedeutet das z.B., daß aus der Erfahrung als Engpaß bekannte

Maschinen nach Möglichkeit umgangen werden [1] oder daß insbesondere bei innerer und äußerer Baustellenfertigung die Maße und Gewichte der einzelnen Bauteile den Raumverhältnissen und verfügbaren Hebezeugen im Betrieb, beim Transport und am Aufstellungsort Rechnung tragen [2].

Der enge Zusammenhang von Produktgestaltung und Verfahrenswahl wird besonders deutlich am Streben des Fertigungsbereichs, die punktuell-fortschreitenden Verfahren der Formgebung (das sind alle spanabhebenden und zusammenfügenden Arbeitsgänge) durch solche total-momentaner Wirkungsweise (wie beim Gießen und Schmieden) zu ersetzen [3]. Den Vorteilen kurzer Stückzeiten, fast vollständiger Werkstoffausnutzung und einfacher Bedienung der Maschinen stehen als Nachteile vor allem hohe Werkzeugkosten und lange Rüstzeiten gegenüber. Deshalb ist total-momentane Formgebung - abgesehen von der wichtigen Ausnahme des Sandformgusses - nur wirtschaftlich bei großen Fertigungsaufträgen standardisierter Erzeugnisse [4].

4. Weitere Gesichtspunkte zur Einflußnahme der Fertigung auf die Produktgestaltung

Untersuchen wir die Notwendigkeiten fertigungsgerechter Gestaltung von Fließ- und Stückgütern noch unter den Kriterien 'Art der Stoffverwertung', 'Absatzstruktur' und 'Fertigungssysteme':

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, Köln und Opladen 1954, S. 55 f.

2) Vgl. L. KRAWCZYK, Die Baustellenfertigung als Fertigungssystem, Unveröffentlichte Diplom-Arbeit Nürnberg 1963, S. 89.

3) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 39 ff.

4) Empirische Beispiele hierzu finden sich bei Th. BESTE, Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse ..., a.a.O., S. 29 f. Aber auch bei kleineren Stückzahlen wird versucht, wenigstens vorgeformte Werkstücke von spezialisierten Zulieferern zu beziehen. Diese Entwicklung findet ihren Ausdruck in der unterschiedlichen Zuwachsrate bei der Produktion spanender und spanloser Werkzeugmaschinen. Vgl. H. OPITZ, Stand und Bedeutung der Technologie der Fertigungsverfahren, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1709.

Tendenziell gilt nach den bisherigen Ausführungen, daß analytische und durchlaufende Stoffverwertung zu ungeformten und geformten Fließgütern, synthetische Prozesse zu Stückgütern als Endprodukte führen. Bei a n a l y t i s c h e n und - weniger ausgeprägt - d u r c h l a u f e n d e n Fertigungsprozessen liegt das Schwergewicht der Absatzförderung bei Preispolitik und Werbung. Der Markt muß sozusagen den Gegebenheiten der Fertigung angepaßt werden. Erst bei s y n t h e t i s c h e r Stoffverwertung und mechanischer Technologie kann die Produktgestaltung zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor werden, weil hier das Fertigungsergebnis quantitativ und qualitativ voll beherrschbar ist. Dem jetzt umgekehrten Druck vom Absatz auf die Produktion und insbesondere auf die Gestaltungsarbeit wirkt die Fertigungsvorbereitung mit ihrem "produktionsimmanenten Streben nach höchstmöglicher Gleichförmigkeit" [1] entgegen.

Bei B e s t e l l fertigung entfällt eine Produktgestaltung naturgemäß dann, wenn der Kunde alle Einzelheiten vorschreibt. Dieser hat aber nur den Verwendungszweck des Erzeugnisses im Auge, nicht die Fertigungsgegebenheiten des Lieferanten. Deshalb kann eine entsprechende Überprüfung der vorgelegten Zeichnungen, Modelle, Rezepte u. dgl. lohnend sein, um für den Verwendungszweck des Kunden vielleicht unwesentliche, die eigene Fertigung aber erleichternde Änderungsmöglichkeiten zu entdecken. Noch besser, man versucht schon vor Auftragserteilung durch entsprechende Information der Kunden den Spielraum ihrer Wünsche an die Produktgestaltung einzuschränken. Die Intensität dieser Bemühungen wird sich nach der Stückzahl des Auftrages und danach richten, welche Aussicht auf Wiederholung besteht [2].

---

1) E. SCHÄFER, Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 545; vgl. auch H. WEBER, Die Planung in der Unternehmung, a.a.O., S. 104 ff.

2) Zu Einzelheiten am Beispiel der Gesenkschmiede vgl. J. BRACHT, a.a.O., S. 117 ff.

Das Angebot, welches ein Kunde bei Bestellfertigung in der Regel vor der Auftragserteilung verlangt, soll ihn zwar u.a. ausreichend über die Gestaltung des Produkts informieren, andererseits kann normalerweise kein Entgelt verlangt werden, wenn der Auftrag nicht zustande kommt. Diesem Risiko des Auftragsentgangs muß der Genauigkeitsgrad der Entwürfe, Modelle, Muster und Rezepte Rechnung tragen [1].

Wir sahen, daß Produktvereinheitlichung bei Einzelfertigung auf Bestellung größere Vorteile bringt als bei Massenfertigung a u f L a g e r [2]. Die Kostendegression tritt bei anfangs kleinen Mengen besonders stark in Erscheinung und so versucht man wenigstens in Teilbereichen, durch Normung und Typisierung die Zahl gleicher Elemente zu vergrößern. Bei zusammengefügten Stückgütern kommen zu den bei geformten Fließgütern schon genannten noch weitere Vorteile hinzu: mehrfach verwendbare Bauteile ermöglichen erst eine Fertigung auf Lager oder der Bestand kann gegenüber der Gesamtheit unvereinheitlichter Teile kleiner gehalten werden; auch sinkt der Wert pro Einheit, weil die letzte Bearbeitungsstufe fehlt; die Lieferfristen sind kürzer, da zwischen Bestellung und Auslieferung nur noch der Zusammenbau liegt; oder bei gleichbleibender Lieferfrist lassen sich mehr Aufträge für die Montage zusammenfassen, um größere Lose zu gewinnen [3].

Grundsätzlich erfordert W e r k b a n k fertigung den geringsten Grad vorheriger Gestaltungsarbeit, weil hier qualifizierte Fachkräfte zur Verfügung stehen. Ihnen genügen wenig detaillierte Zeichnungen, Anweisungen usw. und sie nutzen fertigungswirtschaftliche Vorteile am unmittelbarsten. Allerdings ist die Produktgestaltung durch den Ausführenden selbst bei handwerklicher Werkbankfertigung wesentlich häufiger als bei industrieller; in der

---

1) Vgl. auch W. PFEIFFER, a.a.O., S. 114 f.

2) Vgl. S. 53 f. der Arbeit.

3) Zur Normung und Typisierung bei Einzelfertigung vgl. auch Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 489 f. und die dort angegebene Literatur.

laufenden Produktion findet man sie in manufakturähnlichen Industriebetrieben (z.B. Porzellanformen und -bemalen, Teppichknüpfen).

Bei äußerer B a u s t e l l e n fertigung kann die Produktion in der Regel keinen direkten Einfluß auf die Gestaltungsarbeit nehmen: einmal ist die Gestaltung meist einem unabhängigen Architekten- oder Ingenieurbüro übertragen, das zunächst ohne Bezug auf einen bestimmten ausführenden Betrieb (Bauunternehmung, Handwerker) plant; zum andern müssen die bei der Ausschreibung konkurrierenden Unternehmen ihren Angeboten diese Pläne zugrundelegen und sind natürlich im Falle der Auftragserteilung daran gebunden. Gleichgültig ob Einzelfertigung im Baustellen-, Werkbank- oder Werkstättensystem erfolgt, der Anteil der Entwicklungs- und Konstruktionskosten ist immer sehr hoch; die Trennung von Gestaltungs- und Produktionsaufgabe bei Baustellenfertigung macht aber besonders deutlich, daß eine Vereinheitlichung in der Produktgestaltung allein schon Vorteile bringt, also auch dann, wenn im Fertigungsbereich keine Kostendegression ausgenutzt werden kann, weil die gleichzeitige Fertigung mehrerer gleicher Elemente nicht in Frage kommt [1].

Jedes Erzeugnis bei Einzelfertigung und jede neue Serie bei Serienfertigung erfordern neue Gestaltungsarbeit und sei es nur in Einzelheiten. Entsprechend der größeren Stückzahl muß sie bei Serienfertigung noch gründlicher durchdacht werden, insbesondere wenn eine Anlagenordnung im F l i e ß prinzip geplant ist, die Fertigung also für eine längere Zeit unverändert gelten soll. Ein je höherer Grad fließender Fertigung bereits vorher verwirklicht war, desto mehr sind die Gegebenheiten der Fertigung wegen der zunehmenden Unelastizität schon während der Gestaltungsarbeiten zu berücksichtigen [2]. Eine Überprüfung der Fertigungsreife vor Anlaufen der

---

1) Vgl. Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 490 und W. PFEIFFER, a.a.O., S. 103.

2) Einzelheiten vgl. W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 271 f. und O. WEIS, Die Automatisierung der industriellen Fertigung, Diss. Nürnberg 1961, S. 41.

eigentlichen Produktion ist unerläßlich, die Kosten einer sog. O-Serie sind vergleichsweise gering gegenüber den späteren Verlusten, wenn die geplanten Mengen, Qualitäten oder Termine nicht eingehalten werden können [1].

Produktgestaltung ist eine laufende Aufgabe auch noch während der Fertigung. Selbst kleinste Änderungen können sich bei großen Fertigungsmengen sehr vorteilhaft auswirken. Das gilt nicht nur für gleichbleibende Massenfertigung und große Serien, sondern auch für häufig wechselnde Sorten, da die Sorten ja immer wieder produziert werden.

Bei allem Vereinfachungs- und Vereinheitlichungsstreben der Fertigung [2] ist doch nochmals darauf hinzuweisen: die Wünsche der Fertigungsabteilungen können nur soweit berücksichtigt werden, als der Markt es erlaubt. Bei jeder Gestaltungsarbeit ist die Wirkung auf die Kosten u n d die Erlöse gegenüberzustellen [3]. Mit dem Ergebnis dieser Abstimmung zwischen Absatz und Fertigung muß sich der Produktionsbereich abfinden, auch wenn die an ihn gestellten Forderungen mit seinen eigenen Interessen in Widerspruch stehen. Dann verbleiben ihm nur solche Maßnahmen, welche die Mindestforderungen leichter erfüllbar machen, sie aber nicht unterschreiten.

---

1) Vgl. K. SCHNELL, Die Arbeitsvorbereitung im Industriebetrieb, Diss. Hamburg 1954, S. 143 ff. und G. SCHIEFERER, Die Vorplanung des Anlaufs einer Serienfertigung, Diss. Stuttgart 1957, insbes. S. 34 - 38.

2) "The three S's ... standardization, simplification and specialization ... are at the root of any economic analysis of product design." S. EILON, a.a.O., S. 74.

3) Vgl. dazu E. GUTENBERG, Anmerkungen zur Frage der Gestaltung industrieller Produktionsprogramme, in: ZfB 1964, S. 667-675. Auch BESTE nennt zahlreiche Gründe, die gegen Produktvereinheitlichung sprechen. Vgl. Th. BESTE, Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse ..., a.a.O., S. 16 ff. und 24 ff. In Einzelfällen können Sortenwechsel sogar fertigungswirtschaftliche Vorteile bringen. Vgl. ebenda, S. 26.

II. Die Bestimmung der Produktarten und -mengen

Im Fertigungsbereich bestehen wohl Vorstellungen darüber, welche Mengen der herstellbaren Erzeugnisse die geringsten Stückkosten verursachen oder die Kapazitäten einer Periode am besten auslasten würden, die Entscheidung über die im betrachteten Zeitraum zu produzierenden Güterarten und -mengen - meist als Aufgabe der Programmplanung bezeichnet - darf aber erst aus einer koordinierenden Betrachtung von Absatz-, Fertigungs-, Beschaffungs- und Finanzierungsgesichtspunkten erwachsen. Während der Beschaffungsmarkt vor allem bei naturnahen Industrien einen Engpaß bilden kann, beschränken die Finanzierungsmöglichkeiten grundsätzlich jede Planung [1].
Die praktische betriebliche Planung bestimmt die Produktarten und -mengen zeitlich vor dem Fertigungsablauf, setzt also - nach der Terminologie GUTENBERGs [2] - die Programmplanung als Datum der Vollzugsplanung. Eine solche zeitliche Nachordnung der Ablaufplanung ist jedoch grundsätzlich nicht gerechtfertigt: Will man für eine Periode das erfolgversprechendste Fertigungsprogramm aufstellen, so müssen neben den absetzbaren Mengen und den erzielbaren Preisen auch die anfallenden Fertigungs- und Lagerkosten berücksichtigt werden. Da deren Höhe, insbesondere die der Lagerkosten, vom Fertigungsablauf bestimmt wird, ist der Ablaufplan insoweit Voraussetzung der Programmplanung. Umgekehrt verlangt die Ablaufplanung wieder die Kenntnis der zu produzierenden Arten und Mengen. Vollkommenheit ist also nur durch simultane Planung zu erreichen.

Zu mehr differenzierenden Aussagen wollen wir durch Betrachtung der verschiedenen Markt- und Fertigungsstrukturen gelangen:

---

1) Den Kapitalbedarf als einschränkende Bedingung der Mengenplanung behandelt eingehend H. SCHLÜTER, Untersuchungen zum Problem der optimalen Losgröße, Diss. Frankfurt a.M. 1958, S. 23 ff. Vgl. dazu auch W. MARX, Absatzmengen- und Losgrößenbestimmungen im Sortenbetrieb, Meisenheim am Glan 1966, S. 61 ff. und A. KUHN, Zur Losgrößenbestimmung unter Nebenbedingungen, in: ZfB 1966, S. 247 ff.

2) Vgl. Seite 31 dieser Arbeit.

1. Die Absatzstruktur als Einflußfaktor

Die Angabe einer bestimmten Erzeugnismenge ist nur sinnvoll, wenn sie auf einen Zeitraum bezogen wird. Die Länge der Planperiode hängt bei einer Fertigung für den anonymen Markt im wesentlichen von dessen Überschaubarkeit ab, bei Kundenfertigung von der Höhe des Auftragsbestandes, der Dauer der Fertigung und der dem Kunden zumutbaren Lieferzeit [1].

N a c h K u n d e n a u f t r a g werden i.d.R. Investitionsgüter hergestellt, die individuellen Anforderungen genügen müssen. Eine Fertigung 'auf Verdacht' läßt sich ebenfalls nicht durchführen, wenn das Erzeugnis für eine Fertigung auf Lager zu groß, zu schwer oder zu sperrig ist (z.B. Bauten oder Mähdrescher), wenn eine Lagerung technisch überhaupt nicht (z.B. Speicherung von Strom), nur beschränkt möglich (bei schnell verderblichen Lebensmitteln) oder wirtschaftlich sinnlos ist (z.B. bei Tageszeitungen). Schwache Finanzlage und hoher Zins wirken in die gleiche Richtung [2]. Lassen kurze Lieferzeiten andererseits auch keine Auftragsbestandsbildung zu, so muß die Fertigung den Absatzschwankungen genau angepaßt werden, beide Unternehmungsbereiche verlaufen - zeitlich verschoben - streng "synchronisiert" [3].

---

1) Vgl. u.a. K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Bd. 1, a.a.O., S. 280 f. und H. OHSE, a.a.O., S. 767 ff.

2) Weitere Gründe nennt W. THÜNKEN, Die Auftragszusammensetzung in der industriellen Fertigung, Diss. Köln 1955, S. 15 ff.

3) M. BRUNNER, Planung in Saisonunternehmungen, Köln und Opladen 1962, S. 37.
Zur Unterscheidung von Kunden- und Marktfertigung mit ihren Besonderheiten hinsichtlich der Mengenplanung vgl. auch Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, a.a.O., S. 210 ff.; E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 164 ff. und 197 ff.;
P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 666 ff.

Weil bei reiner Auftragsfertigung Produktart, -menge und oft auch der Lieferzeitpunkt vom Kunden genau vorgeschrieben sind, bleibt der Fertigungsvorbereitung keine Möglichkeit, die Mengen nach eigenen Wünschen festzulegen. Kundenauftrag ist gleich Fertigungsauftrag, wenn nicht mehrere Kunden dasselbe Erzeugnis zum gleichen Termin bestellen oder längere Lieferfristen ein Sammeln mehrerer Kundenaufträge zu gemeinsamer Fertigung ermöglichen. Zwar droht kein Absatzrisiko und die Vorbereitung der Fertigung kann von sicheren Planungsdaten ausgehen, aber im Fertigungsablauf lassen sich wegen des häufigen Wechsels eine gleichmäßige Auslastung der Produktionsmittel und ein schneller Materialfluß kaum erreichen.

Zwischen Kunden- und Marktfertigung liegen zahlreiche Zwischenformen [1], d.h. nicht mehr alle drei Komponenten: Art, Menge und Zeitpunkt der Erzeugung werden nach Kundenaufträgen geplant. Die geringste Abweichung von reiner Kundenfertigung liegt vor, wenn nur die Fertigungszeitpunkte nach Erwartungen festgelegt werden, wie das z.B. bei Abrufaufträgen mit sehr kurzen Abruffristen der Fall ist. Den nächsten Schritt in Richtung Marktfertigung finden wir bei der Erzeugung von Sorten und Serien, wenn der Anbieter die Produktarten nach seiner Markteinschätzung festlegt und nur die Mengen und Fertigungszeitpunkte von den Kundenaufträgen abhängig macht.

Die zeitliche Verteilung von Abrufaufträgen bedeutet zugleich eine Antwort auf die Frage, ob die gesamte Auftragsmenge des Vertragszeitraums auf einmal und falls nicht, in welchen Losen sie gefertigt werden soll. Da die Abnehmer bereits bekannt sind, fehlt das für die Marktfertigung charakteristische Absatzrisiko. Dasselbe gilt, wenn längere Lieferfristen verschiedener Kunden die Bildung von Auftragsbeständen erlauben. In beiden Fällen brauchen lediglich

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 672. E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 89 ff. unterscheidet als Zwischenformen Produktionen aufgrund von a) Muster-Vordisposition, b) Sorten-Vordisposition und c) Mengen-Vordisposition.

betriebsinterne und daher meist mit hinreichender Genauigkeit quantifizierbare Größen gegenübergestellt zu werden: die Kostenverbilligung bei hoher Fertigungsauflage einerseits [1] den dann steigenden Zins- und Lagerkosten andrerseits [2]. Für dieses Problem der 'optimalen Losgröße' wurden - in deutschsprachigen Veröffentlichungen seit 1920 - viele Formeln entwickelt; inzwischen wuchs die Literatur darüber fast unübersehbar an [3].
Grundsätzlich gilt für die Realisierbarkeit der optimalen Losgröße bei den Übergangsformen von Auftrags- zu Marktfertigung: Man wird meist zu höheren Kosten produzieren müssen, als es dem Kostenoptimum entspräche. Das liegt daran, daß die Zahl gleichartiger Bestellungen pro Planungszeitraum - der nicht länger sein kann als die vom Kunden höchstens akzeptierte Lieferzeit - selten die optimale Losgröße erreicht. Ist der Bedarf jedoch größer, entsteht die Frage, in welche Mengen er aufgeteilt werden muß, um der kostenoptimalen Losgröße möglichst nahe zu kommen [4].
Auch das Verhältnis von Beschäftigung zu verfügbarer Kapazität wirkt sich auf die Losgrößenbestimmung aus: Bei freien Kapazitäten wird man auch kleine Aufträge übernehmen und sie schnell auszuführen suchen, anstatt auf weitere Bestellungen zu warten, um dadurch zu größeren Losen gleichartiger Fertigungsaufträge zu kommen. Stößt

---

1) Zu den Gründen vgl. insbesondere E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, in: ZfB 1931, S. 825 f.

2) Die Losgrößendegression und -progression beschreibt sehr gründlich H. OHSE, a.a.O., S. 105 ff.

3) Zum Inhalt der Formeln vgl. S. 73 ff. der Arbeit.
Einen geschichtlichen Abriß der Frage optimaler Losgrößen geben u.a. K.H. DISCHNER, Die Bestimmung der wirtschaftlichen Produktions- und Absatzmenge bei industrieller Sortenfertigung unter Anwendung der Linearen Programmierung, Diss. Mannheim 1960, S. 9 - 12;
H. MÜLLER-MERBACH, Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung, Diss. Darmstadt 1962, S. 11 - 24;
W. DINKELBACH, Zum Problem der Produktionsplanung in Ein- und Mehrproduktunternehmen, Würzburg-Wien 1964, S. 12 - 15.

4) Vgl. hierzu H. OHSE, a.a.O., S. 263 ff.

man dagegen an die Grenze der Ausnutzungsmöglichkeiten der Kapazitäten, so wird eine Konzentration auf die gängigsten Sorten mit möglichst hohen Losgrößen angestrebt [1].

Lassen die Produkte eine Fertigung für den a n o n y m e n Markt zu - weil sie lagerfähig sind - oder ist eine sofortige Lieferbereitschaft ab Lager aus Wettbewerbsgründen sogar notwendig, so müssen die Fertigungsmengen zum Teil - durch 'Hochschätzen' von Kundenaufträgen [2] - oder gänzlich nur nach Erwartungen bestimmt werden. Fertigung und Absatz werden "emanzipiert" [3], sie müssen sich nur langfristig quantitativ und qualitativ entsprechen. Dadurch besteht grundsätzlich weit weniger als bei Auftragsfertigung die Notwendigkeit, die Produktion bei noch sinkenden Stückkosten abzubrechen oder sie andererseits in der progressiven Zone noch fortzusetzen. Wo aber liegt die "wirtschaftlich-optimale Losgröße" [4] bei Marktfertigung? Es sind sowohl die Absatzmengen einer Planungsperiode, als auch die Absatzzeitpunkte innerhalb dieser Periode unsicher. Der kurzfristige Ausgleich von Absatz und Fertigung geschieht über das Lager, schlägt sich somit in den Lagerkosten nieder. In einer Losgrößenformel müßte daher auch das Absatzrisiko an sich und der Absatzverlauf berücksichtigt werden. Beides ist jedoch "nicht durch ein Rechenexempel zu machen" [4].
Die meisten Arbeiten über Losgrößen klammern dieses Problem aus, indem sie einen gegebenen Absatzplan voraussetzen [5]. Die absetzbare Menge pro Periode ist dann Datum, ebenso die zeitliche Bedarfsverteilung. Im einfachsten Fall wird kontinuierlicher Lagerabgang

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Umgestaltung des Produktionsbereiches ..., a.a.O., S. 212 und H. OHSE, a.a.O., S. 304 ff.

2) RIEBEL bezeichnet das Nebeneinander von Kunden- und Marktfertigung in einem Betrieb als "horizontale Mischform". Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion ..., a.a.O., S. 674 ff.

3) M. BRUNNER, Planung in Saisonunternehmungen, a.a.O., S. 16.

4) E. SCHÄFER, Die Unternehmung, a.a.O., S. 251.

5) So z.B. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 3; W. DINKELBACH, Zum Problem der Produktionsplanung ..., a.a.O., S. 14; W. MARX, a.a.O., S. 17.

unterstellt. Wie die Unternehmung zu ihrer Absatzvoraussage kommt, interessiert dort nicht. Unter diesen Prämissen gelten die zu den Übergangsformen von Auftrags- und Marktfertigung gemachten Ausführungen auch für die reine Marktfertigung.

Doch gibt es Versuche, auch das Absatzrisiko bei Marktfertigung in Rechenmodellen zu erfassen und 'optimale Absatzmengen' über die Lagerkosten mit den 'optimalen Fertigungslosgrößen' zu verknüpfen. Für verschiedene Kombinationen von "Erstellungsarten" und "Lieferweisen" [1], für schwankenden Absatz innerhalb einer gegebenen Nachfragefunktion [2] wie für unterschiedliche Marktformen und unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen aus dem Fertigungs-, Lager- und Finanzbereich [3] wurden Modelle formuliert und theoretisch gelöst. Für die praktische Anwendbarkeit liegen die Schwierigkeiten weniger in der Auswahl bzw. Formulierung eines zutreffenden Modells [4] als in der empirischen Erfassung der erforderlichen Daten, deren Genauigkeit bestimmte Mindestanforderungen erfüllen und die wirtschaftlich

---

1) K. DÜRR, Die Bemessung der Auflage in der Serienfabrikation, Bern 1952, S. 5 ff., insbes. Formelzusammenstellung S. 21.

2) Vgl. z.B. W.H. BARTZSCH, Theorie der optimalen Losgröße und der Versuch einer Verifizierung am Beispiel der Möbelfabrik, Diss. Mannheim 1957, S. 73 ff.

3) Besonders Th. REICHMANN, Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Köln und Opladen 1968, zeigt, daß sich eine befriedigende Antwort auf die Frage nach den bei schwankendem Absatz zu fertigenden Mengen nur finden läßt, wenn die zeitlichen und sachlichen Verknüpfungen von Produktions-, Investitions- und Lagerplanung simultan berücksichtigt werden. Zu seinen Lösungsansätzen vgl. ebenda, S. 54 - 128.
Vgl. außerdem K.H. DISCHNER, a.a.O., S. 5 ff.; L. PACK, a.a.O., S. 580 ff.; W. MARX, a.a.O., S. 61 ff. und D. ADAM, a.a.O., S. 78 ff.

4) Vgl. dazu H. OHSE, a.a.O., S. 249 ff.

beschaffbar sein müssen [1]. Je unsicherer eine Absatzprognose ist, desto fragwürdiger wird die Brauchbarkeit irgendeiner Losgrößenformel [2]. Auch das Rechnen mit Absatzwahrscheinlichkeiten [3] entbindet in der praktischen Anwendung nicht von der Notwendigkeit, unsichere Größen quantifizieren bzw. eine unter mehreren Alternativen wählen zu müssen.

Bei Auftragsfertigung muß man sich an die vorliegenden Kundenbestellungen halten. Deshalb liegt die kostenoptimale Losgröße selten im Bereich des Erreichbaren. Bei Fertigung für den anonymen Markt kann das schlecht übersehbare Absatzrisiko eines Erzeugnisses oder Kapitalknappheit zum Abbruch der Fertigung vor dem theoretisch erreichbaren Kostenminimum führen. Da die Losgrößendegression u.U. bald einen Punkt erreicht, von dem ab eine weitere Produktion nur noch eine geringe Minderung der Stückkosten zur Folge hat - sich also kein ausgeprägtes Minimum, sondern eher eine breite Optimalzone ergibt [4] - ist es oft zweckmäßiger, statt O p t i m a l mengen M i n d e s t losgrößen zu errechnen [5]. Maßgebend für deren Bestimmung sind die absolut fixen Kosten pro Auftrag [6]; damit liegt die Hauptschwierigkeit im Zurechnen der Kosten auf den einzelnen Fertigungsauftrag [7].

---

1) Vgl. dazu W. MARX, a.a.O., S. 150 ff. und die Ausführungen v. KORTZFLEISCHs, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S.271 ff. über "die Faszination von Formelrechnungen und ihre Gefahren für die betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung".

2) Vgl. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 830; K. DÜRR, a.a.O., S. 17 ff. und W. MARX, a.a.O., S. 157.

3) So CHURCHMAN/ACKOFF/ARNOFF, Operations Research, dt. Übers., Wien-München, 4. Aufl. 1968, insbes. S. 196 ff.

4) Vgl. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 827 und ders., Die Unternehmung, a.a.O., S. 251.

5) Vgl. dazu G.v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 173 ff. und H. OHSE, a.a.O., S. 268 ff.

6) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 174.

7) Vgl. dazu P. RIEBEL, Das Problem der minimalen Auftragsgröße, in: ZfhF 1960, insbes. S. 650 ff.

Die Mengenfestlegung als Folgerung aus Auftragsbestand und Absatzvoraussage ist bei Fließgütern einfacher und risikoloser als bei Stückgütern: Zahl und Ausführung von Stückgütern muß vor Fertigungsbeginn genau festgelegt sein. Das gilt weniger streng nur dort, wo im Baukastensystem gefertigt [1] oder das Ergebnis quantitativ unelastischer erster Produktionsstufen so lange zwischengelagert werden kann, bis der Bedarf an jeweiligen Varianten des Endprodukts bekannt ist. Die letzten Produktionsstufen müssen dann eine entsprechende quantitative und qualitative Elastizität aufweisen [2]. Bei flächenförmigen Fließgütern genügt dagegen für den gesamten eigentlichen Fertigungsprozeß die Mengenbestimmung u.U. nach nur einer Dimension (z.B. der Dicke bei Papier; die endgültige Länge und Breite schneidet man erst zu, wenn die entsprechenden Aufträge vorliegen). Ungeformte Fließgüter werden erst nach Eingang der Bestellungen abgefüllt und abgepackt, sofern die Mengen nicht genormt sind. Eine weit am Fertigungsende liegende 'Individualisierung' der Produktion ist also auch für die Mengenfestlegung vorteilhaft.

2. Die Fertigungsstruktur als Einflußfaktor

Erzeugung für den anonymen Markt geschieht tendenziell im Fließprinzip: reine Auftragsfertigung bedeutet in der Regel Einzelfertigung [3]. Insoweit stimmen die Aussagen zur Mengenbestimmung bei den Extremfällen von Absatzstruktur und Fertigungsart (Grad der Verwirklichung des Massenprinzips) überein. Zwischen diesen Polen führt die Unterscheidung nach Fertigungsarten und zusätzlich nach Fertigungssystemen - Kriterium ist die Anordnung der Produktionsmittel im Erzeugungsablauf - zu weiteren Erkenntnissen::

---

1) Vgl. Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, a.a.O., S. 217.

2) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 109 f.

3) Daß diese Gleichsetzungen nicht generell gelten, zeigt E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 89 an verschiedenen Beispielen.

Künstliche M a s s e n fertigung ist das Ergebnis einer Spezialisierung: die gesamte Produktion wurde entweder auf ein einziges Erzeugnis eingestellt (einheitliche Massenfertigung) oder auf mehreren Parallelanlagen entsteht jeweils ein Produkt (mehrfache Massenfertigung). Einen Wechsel verschiedener Produkte auf derselben Fertigungsanlage gibt es nicht, also auch kein Losgrößenproblem [1]. Die pro Erzeugnis und Zeiteinheit herstellbare Menge ist langfristig durch die Wahl einer bestimmten Kapazität bestimmt. Schwankt die Nachfrage, so hängt es von den Besonderheiten des speziellen Erzeugnisses und seiner Produktionsmittel ab, ob über Lager- und Auftragsbestandsbildung hinaus überhaupt, in welcher Richtung und welchem Ausmaß eine mengenmäßige Variation des Produktionsvolumens durch zeitliche oder intensitätsmäßige Anpassung, bei mehrfacher Massenfertigung u.U. auch durch eine Änderung des Beschäftigungsquerschnitts, möglich ist [2]. Enge Grenzen sind der Mengenbestimmung von vornherein im Falle der Kuppelproduktion und einer Fertigung in Chargen oder Partien gesetzt.

In welchen Fertigungssystemen - ob in Werkbank-, Baustellen-, Werkstätten- oder fließender Fertigung - S o r t e n produziert werden, hängt von der Auflegungsdauer der einzelnen Sorten und von Gewicht und Größe der Fertigungsobjekte ab. Mit der von Werkbank- bis fließender Erzeugung steigenden Mechanisierung der Fertigungssysteme wird der Sortenwechsel [3] schwieriger und kostspieliger: das Problem der optimalen Losgröße nimmt an Bedeutung zu [4].
Die 'klassische'Losgrößenformel, wie sie ANDLER als einer der ersten veröffentlichte [5], wurde durch Variation der Voraussetzungen

---

1) Vgl. u.a. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 827 und L. ORTH, a.a.O., S. 744.

2) Vgl. dazu P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., insbes. S. 113 ff.

3) Zur Kennzeichnung des Sortenwechsels vgl. H. OHSE, a.a.O., S.46 ff.

4) Vgl. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 825 und H. HORRMANN, a.a.O. S. 147.

5) K. ANDLER, Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße, München 1919, S. 48 ff. Zu den Prämissen für die Anwendung der Formel vgl. ders., Die wirtschaftliche Auftragsmenge für Fertigung und Lager, in: Das Industrieblatt 1951, S. 131 f. und L. PACK, Optimale Bestellmenge und optimale Losgröße, in: ZfB 1963, S. 467.

weiterentwickelt [1]. Doch die ursprüngliche Grundkonzeption: die Fertigung nur jeweils eines Erzeugnisses auf einer Anlage wurde bis etwa 1957 nicht geändert [2]. Bei solcher "gemeinsamer Produktion" [3] wird unterstellt, daß zwar mehrere Erzeugnisse auf derselben Fertigungsanlage entstehen, deren Kapazität aber ausreicht, um innerhalb des Planungszeitraumes hintereinander gerade die optimale Losgrößen der gewünschten Produkte fertigen zu können. Diese Annahme ist in Mehrproduktbetrieben wirklichkeitsfremd, da zumindest einzelne der von den Erzeugnissen gemeinsam beanspruchten Produktionsfaktoren knapp zu sein pflegen. Die "gemeinsame" wird zur "alternativen Fertigung" [4]. Eine Erzeugung in optimalen Einzellosgrößen führt dann nicht zum Kostenminimum der gesamten Produktion; in vielen Fällen ist sie sogar unmöglich, weil sich Überschneidungen in der Maschinenbelegung ergeben würden [5], oder der Lagerraum für die einzeln bestimmten Losgrößen zu klein wäre [6]. Die für jedes Produkt isoliert ermittelte Losgröße könnte allenfalls

---

1) Die Vereinfachung der mathematischen Ansätze kritisierten bereits 1931 E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 828 ff. und später dessen Schüler G. MEYER, Die Auftragsgröße in Produktions- und Absatzwirtschaft, Leipzig 1941, insbes. S. 52 f.
Über die Problematik der anzustrebenden Ziele äußern sich E. GUTENBERG, Sortenproblem und Losgröße, Beitrag im HWB, Bd. III, 3. Aufl., Stuttgart 1960, Sp. 4904; C. MASINI, Die Serienproduktion, in: ZfhF 1961, S. 226 ff. und H. MÜLLER-MERBACH, Die Bestimmung optimaler Losgrößen ..., a.a.O., S. 59 ff.

2) Vgl. L. ORTH, Die Eignung der Losgrößenformel als Instrument der Produktionsplanung, in: ZfhF 1961, S. 743 und 747 und H. MÜLLER-MERBACH, Die Bestimmung optimaler Losgrößen ..., a.a.O., S. 7.

3) D. ADAM, a.a.O., S. 15.

4) Ebenda, S. 16.

5) Vgl. dazu auch E. GUTENBERG, Sortenproblem und Losgröße, a.a.O., Sp. 4905 und ders., Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 206 ff. Ebenda, S. 207 zeigt GUTENBERG, unter welchen - unwahrscheinlichen-Voraussetzungen optimale Einzellosgrößen auch ein optimales Fertigungsprogramm bedeuten können.

6) Vgl. W. DINKELBACH, Zum Problem der Produktionsplanung ..., a.a.O., S. 47.

in einem Einproduktbetrieb oder einem Mehrproduktbetrieb ohne Strangverknüpfungen Anwendung finden, da hier keine Interdependenzen zu beachten sind. Doch in beiden Fällen gibt es gar kein Losgrößenproblem: die Losgröße entspricht unter diesen Fertigungsverhältnissen der Beschäftigung und das Bestreben geht dahin, die Kapazität möglichst voll und ohne Unterbrechung auszunützen [1].

Die Konkurrenz um Kapazitäten bei alternativer Fertigung bedeutet, daß nur eine simultane Bestimmung der Losgrößen zum Gesamtkostenminimum führen kann. Das erfordert die Berücksichtigung des Zeitfaktors [2]. Denn nur durch dynamische anstelle statischer Betrachtung ist gewährleistet, daß die zu ermittelnden optimalen Mengen innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit ohne Kapazitätsengpässe hintereinander gefertigt werden können. Die Höhe der Sortenwechsel- und damit der Loskosten variiert auch mit den Umstellungsschwierigkeiten von einem Los zum nächsten [3]. Bei Mehrproduktunternehmen mit gemeinsamer, speziell alternativer Fertigung gehören also die Fragen der optimalen Losgröße,der sog. Sortenschaltung und der Fertigungszeitplanung eng zusammen.[4]

Zu diesem typischen Problem des Operations Research [5] liegen zwar

---

1) Vgl. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 824 und L. ORTH, a.a.O., S. 744.

2) Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 87 ff.

3) Vgl. z.B. D. ADAM, Produktionsplanung bei Sortenfertigung. Diss. Hamburg 1965, S. 183 ff.

4) Vgl. auch E. GUTENBERG, Sorgenproblem und Losgröße, a.a.O., Sp. 4905 und M. WRBA, a.a.O., S. 76 f.

5) Vgl. H. MÜLLER-MERBACH, Die Bestimmung optimaler Losgrößen ..., a.a.O., S. 1 f. und K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, a.a.O., S. 286 und 295 f.

schon zahlreiche Lösungsversuche vor [1], ihre Realisierbarkeit in der Praxis ist indessen noch sehr skeptisch zu beurteilen [2]: Will man die Rechnungen nicht sehr komplizieren, müssen Prämissen gesetzt werden, welche die betrieblichen Gegebenheiten sehr vereinfachen; strebt man eine möglichst exakte, theoretisch einwandfreie Lösung an, so ist es zumindest fraglich, ob ihr Nutzen den hohen Rechenaufwand rechtfertigt [3].

Während der bislang besprochene Ein- und Mehrprodukt-Einstufenfall in Betrieben mit analytischer und insbesondere durchlaufender Stoffverwertung zu finden ist, vollziehen sich stärker synthetische Pro-

---

1) Vgl. K.H. DISCHNER, a.a.O.; B. PETERS, Die Bestimmung der optimalen Losgröße, Eine Anwendung der Nichtlinearen Programmierung, Diss. Göttingen 1961; H. ALBACH, Produktionsplanung auf der Grundlage technischer Verbrauchsfunktionen, Köln und Opladen 1962, insbes. S. 60 - 94; W. DINKELBACH, Zum Problem der Produktionsplanung ..., a.a.O., S. 47 ff.; K.-H. KAPS, Die Bedeutung der Lagerhaltung für die Produktionsplanung in Industriebetrieben, Diss. Aachen 1964; W. MARX, a.a.O.
Eine vergleichende Gegenüberstellung von traditioneller Theorie und moderner Aktivitätsanalyse zur Bestimmung des optimalen Produktionsprogramms in Mehrproduktunternehmen - zugleich den Versuch einer Synthese - bietet K. BOHR, Zur Produktionstheorie der Mehrproduktunternehmung, Traditionelle Theorie und Lineare sowie Nichtlineare Programmierung, Köln und Opladen 1967.

2) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Band 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 211.

3) P. MERTENS, Industrielle Datenverarbeitung, Wiesbaden 1969, S. 104, schreibt dazu u.a.: "Da aber schon die isolierte Betrachtung einzelner Optimierungsprobleme zum Teil nach praxisfremden Prämissen oder nicht mit vertretbarem Aufwand lösbaren Ansätzen verlangt, gilt das erst recht für integrierte Betrachtungen. So führen beispielsweise wirklichkeitsnahe Losgrößenmodelle bereits auf nichtlineare Programme, oder es ist überhaupt keine Lösung bekannt. ... Erst recht muß dann eine simultane Betrachtung der Optimierungsaufgaben zu Ansätzen führen, die mit den gegenwärtigen Mitteln auch bei ausreichender Rechenzeit nicht lösbar sind." Vgl. auch W. LÜCKE, Die optimale Auflegungszahl, in: ZfB 1957, S. 360 und D. ADAM, Simultane Ablauf- und Programmplanung bei Sortenfertigung mit ganzzahliger linearer Programmierung, in: ZfB 1963, hier insbes. S. 244.

zesse stets in mehreren Fertigungsstufen [1]. Damit sind nicht nur die Mengen der Endprodukte, sondern auch der Zwischenerzeugnisse festzulegen [2]. Die in den einzelnen Stufen zu fertigenden Mengen können wesentlich voneinander abweichen: Verluste sind zu berücksichtigen, die Lieferung von Zwischenprodukten an andere Hersteller oder die Notwendigkeit, Ersatzteile bereitzustellen, erhöhen ebenfalls den Bedarf, während ihn Fremdbezug vermindert. Unter dem Bestreben, optimale Teilemengen herzustellen, darf die Gleichmäßigkeit des gesamten Fertigungsflusses nicht leiden. Das alles kompliziert die Ermittlung der Optimalwerte zwangsläufig noch erheblich: "Bei Berücksichtigung aller wichtigen Einflußgrößen besteht dann das dynamische Programmierungsmodell aus derart vielen Gleichungen bzw. Ungleichungen, und es werden so viele Unbekannte zu bestimmen sein, daß rein rechentechnisch eine Lösung ohne Zuhilfenahme von Elektronenrechnern kaum möglich sein dürfte." [3] Dieser Einwand aus dem Jahre 1961 wiegt heute weit weniger schwer: Elektronische Rechner mit damals kaum vorstellbarer Verarbeitungsgeschwindigkeit und Speicherkapazität stehen heute schon in großer Zahl den Unternehmungen zur Verfügung; andrerseits wurden von den Computer-Herstellern und den Beratungsfirmen auf dem Gebiete der Datenverarbeitung Programme entwickelt, die gegenüber dem vorherigen Stand der Fertigungsvorbereitung zumindest wesentlich verbesserte Teillösungen ermöglichen [4].

---

1) Nicht nur in mechanischen, auch in chemischen Industrien überwiegen mehrstufige Fertigungsprozesse. Vgl. dazu B. WEBLUS, Produktionseigenarten der chemischen Industrie, ihr Einfluß auf Kalkulation und Programmgestaltung. Zugleich eine Studie für Vielproduktbetriebe. Berlin 1958, S. 26 ff.

2) Vgl. U. PFAFFENBERGER, Probleme der Produktionsplanung bei Mehrprodukten-Mehrstufenfertigung, Diss. Tübingen 1963 und H. HAX, Lineare Planungsrechnung und Simplexmethode als Instrumente betriebswirtschaftlicher Planung, in: ZfhF 1960, S. 584 ff.

3) L. ORTH, a.a.O., S. 747. Wie berechtigt diese Aussage ist, wird z.B. von der Tatsache unterstrichen, daß ein elektrotechnisches Großunternehmen (Siemens) einen Bestand von 10 Millionen Originalzeichnungen besitzt, von denen 2 Millionen ständig im Gebrauch sind. Vgl. dazu K. RECHE, Planung und Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen in einem elektrotechnischen Großunternehmen, in: ZfhF 1961, S. 378.

4) Vgl. dazu H. HAMMER, Integrierte Produktionssteuerung mit Modularprogrammen, Wiesbaden 1970, insbes. S. 33 ff.

S e r i e n fertigung bedeutet die Erzeugung immer neuer Produkte. Das Neue muß sich nicht auf das ganze Erzeugnis beziehen, aber es gibt grundsätzlich keine unveränderte Wiederholung einer früheren Produktion, wie das bei der Sortenfertigung regelmäßig der Fall ist. In welchen Intervallen die Erzeugnisse in Funktion und Aussehen geändert werden, hängt ab vom Tempo des technischen Fortschritts, des Geschmackswandels, wie auch von der Aktivität der Konkurrenz und den Wünschen der Kunden.
Bei einer Fertigung in kleinen Serien, für die oft schon vor Produktionsbeginn die Abnehmer festliegen müssen, ist oftmals eine schnelle Lieferung absatzfördernder als ein infolge größerer Serien niedrigerer Preis. In diesen Fällen muß bei knapper Kapazität darauf verzichtet werden, alle schon vorliegenden Bestellungen gleicher Art zusammen zu fertigen. Die Aufträge mit späteren Lieferterminen werden zugunsten andersartiger Aufträge mit früherem Termin zurückgestellt. Die Wiederauflage einer Serie kann also notwendig werden; wegen der schnellen Weiterentwicklung der Erzeugnisse geschieht sie aber weit weniger häufig als bei Sortenfertigung. Besonders bei sperrigen, schweren Produkten kann auch beschränkter Raum in Fertigung und Lager zu kleinen Losgrößen zwingen. Kleinserienfertigung ist Individualproduktion wie Einzelfertigung. Was unten über Einzelfertigung noch gesagt wird, gilt deshalb auch hier.
Großserien werden tendenziell im Fließprinzip gefertigt. Die Produktionsanlagen sind auf einen bestimmten Fertigungsablauf spezialisiert und der Kapazitätsquerschnitt wird von vornherein auf den nach Auftragslage und Markteinschätzung erwarteten Absatz dieses bestimmten Produkts ausgerichtet. Die Mengenbestimmung für ein bestimmtes Produkt und die Planung des Fertigungsaufbaus sind hier ähnlich eng miteinander verknüpft wie bei Massenfertigung. Die Möglichkeiten, sich den Beschäftigungsschwankungen und -verschiebungen anzupassen, sind geringer als bei Kleinserienfertigung im Werkstättensystem. Der Wechsel zu einer neuen Serie ist immer endgültig, also gibt es auch kein Einschieben anderer Produktserien mit drängendem Liefertermin.

Eine dem Losgrößenproblem bei Sorten- und Kleinserienfertigung ähnliche Überlegung finden wir nur, wenn ein in Großserie hergestelltes Erzeugnis in verschiedenen Varianten dieselben Produktionseinrichtungen durchläuft, wie das z.B. bei der Montage von Automobilen, Elektrogeräten und Kleinmöbeln der Fall ist. Einzelne Maschinen und Arbeitskräfte sind auf bestimmte Arbeitsgänge spezialisiert, die nur bei einzelnen Varianten auftreten. Daher gilt es, kurzfristig die Mengen der einzelnen Varianten so zu bestimmen, daß erstens die Kundenwünsche termingerecht erfüllt werden können und zweitens, auch die Spezialmaschinen und -arbeitskräfte gleichmäßig beschäftigt sind. Durch Auflegen solcher sog. heterogener Serien kann das Unternehmen gleichzeitig mehrere Varianten liefern, ohne hierfür auf getrennten Strängen oder nacheinander auf Lager fertigen zu müssen.

Industrielle E i n z e l fertigung erstreckt sich meist über eine längere Zeitdauer und vollzieht sich in der Endphase als äußere oder innere Baustellenfertigung, seltener im Werkstättensystem. Kundenauftrag ist gleich Fertigungsauftrag, die Losgröße theoretisch immer gleich eins [1].
Eine langfristige Mengenbestimmung ist kaum möglich, wenn auch insbesondere zur wenigstens groben Beurteilung der künftigen Kapazitätsauslastung sehr erwünscht. Kurzfristig bilden die Kundenaufträge eine sichere Planungsgrundlage. Industrielle Einzelfertigung vollzieht sich synthetisch in mehreren Stufen. Dabei werden in der Regel nur laufend gebrauchte Normteile, die am Wert des Endprodukts einen geringen Teil ausmachen, von Unterlieferanten bezogen. Die Bestimmung dieser Teilmengen geschieht an Hand der Losgrößenformeln verhältnismäßig einfach und risikolos [2].

---

1) Vgl. E. SCHÄFER, Losgröße und Kostengestaltung, a.a.O., S. 827.

2) Vgl. dazu die Ausführungen bei F. RAIBLE, Erfolgreiche Fertigungslenkung, Stuttgart 1961, S. 40 ff. über die "wirtschaftliche Abrufmenge".

Für die Mengen der übrigen Teile gilt: Je enger das Fertigungsrepertoire, für das sie Verwendung finden und je unwahrscheinlicher eine Leistungswiederholung, desto eher muß man sich mit einer kurzfristigen Mengenplanung begnügen. Das kann natürlich unerwünscht lange Lieferzeiten zur Folge haben, wenn nicht ein Zulieferant das Risiko der Lagerhaltung trägt.
Bei Eigenfertigung erfolgt die Abstimmung von Produktions- und Absatzmengen derart, daß in den Endstufen synchron der augenblicklichen Nachfrage produziert wird, während man in den ersten Fertigungsstufen eine gleichmäßige Auslastung der Kapazitäten mit großen Losen anstrebt. Diese Handlungsweise berücksichtigt einmal die mit wachsendem Reifegrad der Erzeugnisse teurer und risikoreicher werdende Lagerhaltung, zum andern den meist hohen Mechanisierungsgrad der am Fertigungsbeginn eingesetzten Anlagen gegenüber der Beweglichkeit mehr manueller Tätigkeiten in der Endmontage [1]. Auch ermöglicht nur die Lagerhaltung von Zwischenprodukten eine - bezogen auf das Enderzeugnis - Einzelfertigung mit dennoch kurzen Lieferzeiten.

---

1) Vgl. Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, a.a.O., S. 214 f.; M. BRUNNER, Planung in Saisonunternehmungen, a.a.O., S. 76 f. und H. KOCH, Betriebliche Planung, a.a.O., S. 52 f.

III. Ermittlung und Einsatz der Arbeitskräfte

Die bei GUTENBERG als "Bereitstellungsplanung" [1] zusammengefaßten fertigungsvorbereitenden Funktionen haben zum Ziel, alle für die Fertigung notwendigen menschlichen und sachlichen Kräfte nach Qualität und Quantität zu ermitteln und im Fertigungsvollzug rechtzeitig am richtigen Ort bereitzustellen. Bei einer erstmaligen Produktion müssen alle Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Werkstoffe entsprechend dem beabsichtigten Produktionsvolumen und den anwendbaren Verfahren neu beschafft werden. Wenn auch die der Fertigung unmittelbar vorangehende Vorbereitung - mit der wir uns hier befassen - von einem bereits vorhandenen Kräftepotential ausgeht, so unterliegt dieses doch immer wieder Verschiebungen, Ausweitungen und Einengungen. Die Fertigungsvorbereitung hat zu untersuchen, welche fertigungswirtschaftlichen Folgerungen aus den absatzwirtschaftlichen Gegebenheiten und Plänen gezogen werden sollten.

Die personalwirtschaftlichen Tätigkeiten der Fertigungsvorbereitung bestehen in der Beantwortung etwa folgender Fragen:

a) Wieviele zusätzliche Arbeitskräfte werden benötigt? Welche Fähigkeiten und Kenntnisse sollten sie aufweisen? Auf welches Personal kann ggfs. (von der Fertigung her gesehen) verzichtet werden?
b) Wo und wann sind die vorhandenen Arbeitskräfte einzusetzen?
c) Wie lassen sich die Arbeitsbedingungen verbessern?
d) Wie erreicht man eine leistungsgerechte Entlohnung?

1. Anzahl und notwendige Qualifikation der Arbeitskräfte

Ein bestimmter 'Stamm' an Angestellten und Arbeitern gehört zur Produktionsbereitschaft jedes Betriebes. Er wird nur vergrößert oder verkleinert, wenn eine nachhaltige Verbesserung bzw. Ver-

---

1) E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 170 ff.

schlechterung der Absatzmöglichkeiten erwartet wird. Wieviele zusätzliche Arbeitskräfte benötigt werden und welche Anforderungen an sie zu stellen sind, ggf. auch, auf wen zuerst verzichtet werden sollte - diesen Entscheidungen liegt das Urteil der Fertigungsvorbereitung zugrunde. Die Einstellung selbst ist Aufgabe der Personalabteilung. Sie hat auch die gesetzlichen und vertraglichen Grenzen zu beachten, die enger sind als bei allen sachlichen Produktionsmitteln.
Grundsätzlich läßt sich feststellen, daß bei den mechanisch-technologischen Fertigungsabläufen die menschliche Arbeit im Vordergrund der Planungen steht, während bei chemisch-technologischer Fertigung das Schwergewicht bei den Betriebsmitteln liegt. Dabei nähern sich mechanisch-technologische Prozesse in ihren Planungseigenarten dann stark der zweiten Gruppe, wenn sie - weitgehend automatisiert - geformte Fließgüter verarbeiten [1].

Welche Anforderungen stellen die verschiedenen Fertigungsstrukturen an die Arbeitskräfte und wo liegen besondere Probleme?

Betrachten wir zunächst eine I n d i v i d u a l fertigung. Sie kann sich im Werkbank-, Werkstätten- oder Baustellensystem vollziehen. In jedem Fall braucht man vielseitig ausgebildete Arbeitskräfte und hochqualifizierte Facharbeiter, die nicht nur ihre Handgriffe im Fertigungsablauf beherrschen, sondern auch die beabsichtigte Arbeitsweise der herzustellenden Erzeugnisse kennen. Besondere Vielseitigkeit wird von den in Hilfsbetrieben der Fertigung eingesetzten Kräften verlangt. Eine genaue Fixierung von Arbeitsfolge und Betriebsmitteln durch die Fertigungsvorbereitung ist bei voraussichtlich einmaliger Einzelfertigung unwirtschaftlich. Deshalb sollte der Arbeiter ideenreich und geschickt genug sein, die anfallenden Arbeiten an Hand einfacher Skizzen selbst durchzudenken und auszuführen.

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien ..., a.a.O., S. 427.

Einzel- und Kleinserienfertigung unterliegen oft kurzfristigen Beschäftigungsschwankungen, die saisonabhängig und damit periodisch etwa vorhersehbar oder bei großen Einzelaufträgen aperiodisch verlaufen können. Solchen kurzfristigen Auftragsschwankungen kann sich eine Unternehmung nur dann in personeller Hinsicht anpassen, wenn der Anteil einfacher, schnell anlernbarer Tätigkeiten hoch ist. Das dürfte bei innerer oder besonders äußerer Baustellenfertigung mehr der Fall sein als bei einer Produktion im Werkbank- oder Werkstättensystem. Bei einfachen Arbeiten ist die Leistung pro Zeiteinheit ziemlich konstant und läßt sich verhältnismäßig leicht messen. Damit steht auch der Bedarf an Arbeitskräften für die Produktion einer bestimmten Menge fest [1]. Da diese Menge aber kurzfristig vom einzelnen Auftrag und dessen Termin abhängt, läßt sich der Arbeitskräftebedarf auch nicht auf längere Zeit im voraus bestimmen [2]. Für kurzfristige Beschäftigungsverhältnisse können bei der heutigen Arbeitsmarktlage fast nur ausländische Saisonarbeiter angeworben werden. Die Zusammenarbeit mit ihnen bringt insbesondere wegen der schwierigen Verständigung zusätzliche Probleme auch für die Fertigungsvorbereitung. Ist eine längere Anlernzeit erforderlich, sollte die Möglichkeit gegeben sein, bei Bedarf dieselben Arbeitskräfte immer wieder einzustellen. Welches Unternehmen einen Auftrag mit kurzer Lieferzeit erhält, hängt oft davon ab, ob und wie schnell es seinen Arbeitskräftestamm durch geeignete Leute ergänzen kann. Das Streben geht deshalb zu gleichmäßiger Beschäftigung: durch Aufnahme von Kompensationsprodukten

---

1) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 183.

2) Vgl. G. NIEKAU, Der Versuch einer Abgrenzung von Betriebswirtschaft und Technik auf dem Gebiet der Arbeitsvorbereitung industrieller Unternehmungen, Diss. München 1953, S. 159 und K. MELLEROWICZ, Planung und Plankostenrechnung, Bd. 1, a.a.O., S. 334.
Zur praktischen Errechnung des Bedarfs an Arbeitskräften vgl. u.a. M. WRBA, a.a.O., S. 192 f.

im bisherigen Saisonbetrieb, durch Einführen arbeitssparender Verfahren, Ausdehnen der Bautätigkeit auch auf die kalte Jahreszeit u.ä. [1]. So ist z.B. das Bauen mit Fertigteilen nicht in erster Linie deshalb eingeführt worden, weil es billiger ist, sondern um Arbeitskräfte einzusparen bzw. witterungsunabhängig und damit gleichmäßig vorfertigen zu können [2].

Auch bei G r o ß s e r i e n - u n d S o r t e n fertigung werden überwiegend Facharbeiter benötigt, wenn auch ihre Kenntnisse weniger vielseitig als bei Individualfertigung zu sein brauchen. In den meisten Fällen genügt die Beherrschung einzelner spezieller Verfahren wie z.B. Fräsen, Drehen, Schweißen. Genaue Arbeitsanweisungen, Vorrichtungen, überhaupt die gegenüber der Einzel- und Kleinserienfertigung stärkere Mechanisierung und Automation erlauben es, mehr angelernte Arbeitskräfte einzusetzen [3]. Mit abnehmendem Anteil der Handarbeit achtet die Fertigungsvorbereitung mehr auf die sachlichen als auf die personellen Voraussetzungen der Produktionsdurchführung.

F l i e ß e n d e Fertigung mit ihrer Wiederholung gleichartiger Arbeitsgänge an einer nach dem Fertigungsablauf geordneten Apparatur weist die engste Verknüpfung von Zahl der Maschinen bzw. Arbeitsplätzen, beabsichtigter Produktmenge und der Anzahl dafür erforderlicher Arbeitskräfte auf.
Die leistungswirtschaftliche Elastizität [4] der verschiedenen Stufen

---

1) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 118.

2) Vgl. L. KRAWCZYK, Die Baustellenfertigung als Fertigungssystem, unveröffentl. Diplom-Arbeit, Nürnberg 1963, S. 55.

3) Vgl. R. HOFMANN, Planung und Projektierung automatisierter Anlagen, Hamburg 1958, S. 61.

4) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 5 f.

fließender Fertigung bestimmt die jeweiligen Besonderheiten der Personalplanung und die Geltungsdauer ihrer Ergebnisse:
Bei n a t ü r l i c h e r Fließfertigung hängt die Produktionsleistung von der Kapazität der innerhalb naturgesetzlicher Bindungen projektierten Apparatur ab. Für deren Beschickung, für Verpackungs-, Lade- und Transportarbeiten werden bei geringerem Mechanisierungsgrad der Zwangslauffertigung noch Arbeitskräfte gebraucht, deren Zahl an Hand von Arbeits- und Zeitstudien der einzelnen Verrichtungen und unter Zugrundelegen einer bestimmten Normalleistung errechnet bzw. nach Erfahrungswerten geschätzt wird [1]. Dieser Arbeitskräftebedarf kann also, sofern die Produktionsanlage nicht kontinuierlich und mit gleichbleibender Intensität gefahren werden muß, entsprechend der Beschäftigungslage schwanken. Auch der Bedarf an Facharbeitern mechanisch-technologischer Zweige für die Wartung und Reparatur der Anlagen ist nicht konstant. Dagegen sind ohne Rücksicht auf die augenblickliche Auslastung für alle 'kritischen Punkte' des Erzeugungsprozesses Menschen mit hoher geistiger Leistungsfähigkeit und großem Verantwortungsbewußtsein notwendig, die aus ihrer Kenntnis und Erfahrung heraus die Ergebnisse der mittelbaren Messungen richtig interpretieren und die entsprechenden Konsequenzen ziehen. Der Anteil solch reiner Überwachungs- und Steuerungsaufgaben wächst mit steigender Kontinuisierung und Mechanisierung. Bei der - aperiodisch notwendigen und langfristig gedachten - Suche geeigneter Kräfte werden also hohe qualitative Anforderungen gestellt [2].

Für den Arbeitskräftebedarf bei künstlich o r g a n i s i e r t e r Fließfertigung gilt grundsätzlich: je kürzer die Taktzeit, desto besser können für die einzelnen Stationen der mechanischen Bearbei-

---

1) Vgl. KÖLBEL / SCHULZE, a.a.O., S. 134 f.

2) Vgl. dazu R. HOFMANN, a.a.O., S. 144 f.; KÖLBEL / SCHULZE, a.a.O., S. 134 f. und P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien ..., a.a.O., S. 426.

tung angelernte Kräfte eingesetzt werden, weil die Arbeitsgänge sorgfältig durchdacht und die zu bedienenden Maschinen genau eingerichtet wurden [1]. Für diese Vorbereitungsarbeiten wiederum benötigt man qualifizierte Facharbeiter. Ebenso steigt mit dem Grad der Mechanisierung wegen der hohen Kosten von Ablaufstörungen, deren Ursachen von den nur angelernten Arbeitskräften selbst nicht beseitigt werden können, der Bedarf an hochqualifizierten Reparatur- und Wartungskräften [2]. Je länger die Taktzeit, um so größer ist der Arbeitsumfang an jedem Arbeitsplatz, um so höhere Anforderungen werden an jede Arbeitskraft besonders bei Handarbeit gestellt. Daher wird ein Arbeitsplatz mit langer Taktzeit auch verhältnismäßig hoch bewertet [3].

Die Zahl der für die Arbeit unmittelbar an der Fließreihe erforderlichen Arbeiter ergibt sich als Quotient aus

$$\frac{\text{Summe aller Vorgabezeiten pro Produkteinheit} \times \text{geplante Ausbringung pro Zeiteinheit}}{\text{täglich nutzbare Arbeitszeit je Arbeitskraft}}$$

Das Ergebnis stellt erst einen Minimumwert dar; die durch die Leistungsabstimmung entstehenden Wartezeiten und die persönlichen Ausfallzeiten sind bei der Bedarfsermittlung zusätzlich zu berücksichtigen [4]. Der Einsatz von 'Springern' ist nicht nur zur Sicherung der Produktion bei Personalausfällen geboten: Es gelingt nicht immer, eine Arbeitsstelle so abzugrenzen, daß dort eine ganze Zahl

---

1) G. NOWAK, Fließarbeit und ihre Organisation, Diss. Berlin 1959, S. 184 ff. beschreibt, welche Menschen sich für Fließarbeit besonders eignen.

2) Vgl. R. HOFMANN, a.a.O., S. 144 f.

3) Vgl. G. NOWAK, a.a.O., S. 66.

4) Vgl. dazu H.B. MAYNARD, a.a.O., Teil VII, S. 163 und K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 2, a.a.O., S. 240. Zur Errechnung der Arbeitskräfte besonders unter dem Aspekt des Anlaufs einer Serienfertigung vgl. G. SCHIEFERER, Die Vorplanung des Anlaufs einer Serienfertigung, Diss. Stuttgart 1957, S. 120 ff. Zur Ermittlung der Vorgabezeiten vgl. Seite 149 ff. der Arbeit.

von Arbeitskräften voll beschäftigt ist; der letzte nur mit einem Teil seiner Arbeitszeit benötigte Mann muß deshalb während seiner restlichen Arbeitszeit noch an anderen Stellen tätig sein [1].
Länge und Taktzeit einer Fließstraße sind nach der Absatzmenge ausgerichtet, die im Planungszeitraum maximal für möglich gehalten wird. Deshalb interessieren hier vor allem ausstoßmindernde, nicht -mehrende Maßnahmen. Von allen Anpassungsmöglichkeiten [2] wird die Entlassung eingearbeiteter Kräfte erst der letzte Ausweg sein, denn bei einer später wieder höheren Produktion müssen neue Arbeiter angelernt werden und es kann lange dauern, bis die Fließreihe wieder reibungslos eingespielt ist.

2. Ort, Termin und Dauer des Arbeitskräfteeinsatzes

Betrachten wir zunächst den einen Pol fertigungswirtschaftlicher Bedingungen: M a s s e n e r z e u g u n g in hochautomatisierter F l i e ß f e r t i g u n g . Kontinuierliche Erzeugung immer gleicher Produkte vermeidet kurzfristige Änderungen des Fertigungsablaufs, Bedienung und Überwachung der Anlagen setzen gründliches Spezialwissen voraus, das zum Teil erst im Betrieb selbst vermittelt wird. Aus beiden Eigenarten ergibt sich für den Prozeßbetrieb, daß die Arbeitskräfte auf lange Sicht für einen bestimmten Platz gewählt werden [3]. Kurzfristige Umbesetzungen werden nur notwendig, um (vorhersehbare) Ausfälle durch Urlaub oder (unerwartet) durch Krankheit und Fluktuation auszugleichen. Wenigstens einige der Arbeitskräfte müssen deshalb mehr als nur die Anforderungen ihres Dauer-Arbeitsplatzes erfüllen können [4].

---

1) Zur mathematischen Bestimmung von Stammarbeitern und Springern vgl. G. STRUCKMANN, Die Arbeitszeitplanung in Industriebetrieben, Berlin 1960, S. 31 - 36.

2) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 44 f.

3) Zur Einweisung des Personals bei chemischen Anlagen vgl. KÖLBEL/SCHULZE, a.a.O., S. 178 ff.

4) F. PRISTL, Arbeitsplanung bei Serien- und Massenfertigung, in: Werkstatt und Betrieb 1948, S. 208 nennt Richtwerte für die Zahl dieser 'Einspringer' bei organisierter Fließfertigung.

Personal- und Maschinenbelegungsplanung hängen um so enger zusammen, je mechanisierter die Fertigung ist oder je genauer das Leistungsvermögen von Menschen und Maschinen im Betrieb übereinstimmt. Ist der Arbeiter infolge hoher Anteile von Wartezeiten körperlich oder geistig nicht ausgelastet, so können ihm mehrere Betriebsmittel zur Bedienung zugewiesen werden. Bei dieser sog. Mehrstellenarbeit wechselt der Arbeiter innerhalb seines Arbeitsplatzes - definiert als sein Wirkungsbereich - nach einmal auf Grund von Arbeitsstudien festgelegtem Plan zwischen den Arbeitsstellen - als den Wirkungsbereichen der Produktionsmittel - oder der Wechsel wird durch Störungen an den einzelnen Arbeitsstellen (z.B. durch Materialfehler, Werkzeugverschleiß oder -bruch) veranlaßt. Die Häufigkeit solcher Störungen versucht man nach Erfahrungswerten beim Festlegen der Größe des Arbeitsplatzes zu berücksichtigen [1]. Der tatsächliche Wechsel von Arbeitsstelle zu Arbeitsstelle ist jedoch nicht planbar, weil nicht vorherzusehen. Grundsätzlich gilt die Arbeitsplatzbestimmung bei Mehrstellenarbeit auch für längere Zeit, eine laufende Einsatzdisposition ist also nicht notwendig.
Eine Ausnahme gilt für das Bearbeiten organischer Rohstoffe, die fortwährend biologischen Veränderungen unterliegen, wie das gut am Beispiel der Molkerei zu sehen ist [2]: Das stoßweise Eintreffen und Abgeben der Milch hat eine nur kurze tägliche Einsatzdauer der meisten Betriebsmittel zur Folge, die entsprechend groß dimensioniert sein müssen. Die vielseitig ausgebildeten Arbeitskräfte wechseln nach genauem Rhythmus häufig ihre Arbeitsstellen. Die Arbeitsverteilung kann aber nicht über längere Zeit als starres Schema gelten, da der Personaleinsatz auch kurzfristig an wechselnde Einkaufsbedingungen - die angelieferte Milch schwankt jahreszeitlich nach Qualität und Menge - und ungleichmäßigen Verbrauch - er ist nach Art und Menge vor allem von der Witterung abhängig - angepaßt werden muß.

---

1) Einzelheiten vgl. J. MATHIEU / S. LEHMANN, Eigenarten der industriellen Mehrstellenarbeit, Köln und Opladen 1963, insbes. S. 25 ff.

2) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 33 ff.

Bei der ununterbrochenen Personaleinsatz in drei oder mehr Schichten verlangenden Zwangslauffertigung zeigt sich am ausgeprägtesten die bei jeder Schichtarbeit zu lösende Aufgabe, Dauer und Rhythmus der Schichten so zu bestimmen, daß innerhalb einer sog. Arbeitsschichtenperiode alle Kräfte hinsichtlich ihrer Arbeits- und Freizeit gleich behandelt werden. Das bedeutet im einzelnen: innerhalb der Periode müssen Arbeits- und Freizeit für jeden Mann gleich lang sein, jeder muß gleich oft Früh-, Mittag- und Nachtschicht leisten und Freizeit, Arbeitszeit und Schichten sollten gleichmäßig auf jeden Wochentag fallen [1].

Laufend wird die Disposition über den Einsatz der Arbeitskräfte notwendig beim entgegengesetzten Grenzfall: w e c h s e l n d e F e r t i g u n g n a c h A u f t r ä g e n mit kurzer Durchlaufzeit oder/und starker Arbeitsteilung. Bei einer Fertigung im Werkstättensystem gibt es innerhalb der einzelnen Werkstätten zahlreiche Arbeitsplätze, die ähnliche Anforderungen stellen. Werden nun die Arbeitskräfte nach ihrer Qualifikation in eine Rangfolge gebracht und den ebenfalls entsprechend ihren Anforderungen gereihten Arbeitsstellen zugeordnet, so bleibt das Leistungsgefälle der Arbeiter unbeachtet. Zweckmäßiger ist es, zunächst solchen Kräften, die nur eine ganz bestimmte Aufgabe erfüllen können, eben diesen Platz zuzuweisen, auch wenn ein Zweiter, aber universeller Begabter, dort mehr leisten könnte. Zwischen den beiden Grundsätzen "an jeden Platz den besten Mann" und "jede Spezialbegabung an den Platz, für den sie am besten geeignet ist" muß ein Kompromiß gefunden werden, wie das bei den modernen mathematischen Lösungsversuchen zum 'Personalanweisungsproblem' geschieht [2].

---

1) Zur grundsätzlichen mathematischen Lösung dieses Problems vgl. G. STRUCKMANN, a.a.O., S. 36 - 43. Ebenda, S. 170 - 187 geht er auf die Bestimmung von Arbeitsschichtplänen bei der kontinuierlichen Betriebsweise in Stahlwerken und an Blockstraßen erster Hitze ein.

2) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 184 ff. und die dort in der Fußnote S. 185 angeführte Literatur.

Gegenüber einer Fertigung im Werkstättensystem kann bei äußerer Baustellenfertigung als Unsicherheitsfaktor der Planung noch die Abhängigkeit vom Wetter hinzu kommen. Wird im Takt oder mit geschlossenen Kolonnen gearbeitet, so müssen die Arbeiten detailliert geplant und die Termine des Arbeitskräfteeinsatzes sehr genau danach ausgerichtet werden. Der vorsorgliche Einbau von Pufferzeiten ist nicht in dem Maße notwendig, wenn die Arbeitskräfte während der ganzen Bauzeit für alle Arbeiten einsetzbar zur Verfügung stehen [1]. Allerdings schwankt auch in diesem - heute noch überwiegenden - Fall die Belegschaftsstärke besonders zu Beginn und Ende des Fertigungsablaufs erheblich. Ebenso ändert sich das Verhältnis von Fach- zu Hilfskräften. Die Unternehmungen sind daher bestrebt, möglichst mehrere Bauten in verschiedenen Stadien nebeneinander zu erstellen, um so die wechselnden Beschäftigungsquerschnitte zwischen ihren einzelnen Baustellen annähernd ausgleichen zu können. Auch das kurzfristige Ausleihen von Stammarbeitern zwischen befreundeten Unternehmen kommt vor [2].

---

1) Vgl. Arbeitskreis für Arbeitskunde der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen, Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Wiesbaden-Berlin-Düsseldorf 1965, S. 24 ff.

2) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 59 f.

IV. Die Wahl der Betriebsmittel

1. Begriffsabgrenzung - Die Wechselwirkung von Betriebsmittel- und Verfahrenswahl

Unter Betriebsmitteln wollen wir die Gesamtheit der maschinellen Anlagen, Werkzeuge, Vorrichtungen und Lehren verstehen. Ihre Planung kann unverändertes Beibehalten, Umgruppierung innerhalb des vorhandenen Bestands, Erweitern oder Abbau bestehender Kapazitäten ergeben. Voraussetzung ist das Wissen um das augenblickliche betriebliche Leistungsvermögen und seine Inanspruchnahme [1]. Die Bestimmung der Betriebsmittel hängt immer eng mit der Planung der Fertigungsverfahren und -folgen zusammen. Das gilt besonders für Prozeßbetriebe: Mit der Festlegung von Verfahren und Arbeitsfolge bestehen für die Wahl der Betriebsmittel kaum noch Alternativen und ein Verfahrenswechsel bringt zwangsläufig eine weitgehende Neuprojektierung der spezialisierten Anlagen mit sich. Die hohen Kosten einer solchen Umstellung verbieten kurzfristige Änderungen der Fertigung. Hinsichtlich der Maschinenplanung erfordert auch die Individualfertigung nach Auftrag ein Vorausdenken über größere Zeiträume. Art und Anteil der vermutlich vorkommenden Arbeiten müssen schon vor dem Eingang konkreter Bestellungen geschätzt werden. Die notwendige leistungswirtschaftliche Elastizität hinsichtlich wechselnder Aufträge wird einmal durch Mehrzweckmaschinen und eventuell räumliches Umstellen der Anlagen, zum andern durch kurzfristige Beschaffung zusätzlicher bzw. Austausch schon vorhandener Werkzeuge und Vorrichtungen erreicht. Die Beschaffung maschineller Anlagen kann nur dann wenigstens teilweise an den vorhandenen Aufträgen ausgerichtet werden, wenn kurzfristiges Mieten (Leasing [2]) wie in der Bauwirtschaft

---

1) Die bei der Messung von Kapazitäten und ihrer Auslastung relevanten Fragen hat besonders ausführlich erörtert: W. KERN, Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln und Opladen 1962.

2) Vgl. U. LEFFSON, Leasing beweglicher Anlagegüter, in: ZfbF 1964, S. 396 - 413.

möglich ist oder lange Auftragsfristen erreichbar sind, wie z.B. im Schiffs- oder Flugzeugbau. Werkzeuge, Vorrichtungen und Lehren stehen zwar in der Regel schneller zur Verfügung als Maschinen, inwieweit sie aber 'auf Verdacht' oder erst auf Grund vorliegender Aufträge beschafft werden, hängt stark von der Wettbewerbslage, speziell der Wichtigkeit kurzer Lieferfristen als Werbeargument ab.

2. Der Einfluß von Erzeugnisgestalt und Fertigungsverfahren auf die Maschinenbestimmung

Welche Eigenschaften die maschinellen Anlagen aufweisen müssen, richtet sich primär nach der Gestalt der Einsatzstoffe und Erzeugnisse [1] und den angewandten Fertigungsverfahren:
Bei der mechanischen Bearbeitung von Stückgütern müssen die Produktionsmittel, insbesondere auch die Aufspannvorrichtungen, entsprechend den maximalen Maßen der herzustellenden Erzeugnisse dimensioniert werden. Sind die Güter so groß, daß nur eine Fertigung im Baustellensystem möglich ist, werden viele Arbeitsgänge nicht mehr auf stationären Anlagen, sondern manuell ausgeführt. Abmessungen und Gewicht der die Handarbeit unterstützenden und erleichternden Geräte müssen dabei in solchen Grenzen bleiben, daß sie von Hand, allenfalls mit Hilfe von Hebezeugen, in die richtige Bearbeitungsposition gebracht werden können. Das Veredeln kleiner Stückgüter in Verfahren durchlaufender Stoffverwertung wie Härten, Tauchlackieren, Verchromen u.ä. erfordert keine genaue Fixierung. Bei derartiger Bearbeitung nehmen Stückgüter hinsichtlich der Betriebsmittelwahl den Charakter von Schüttgütern an.
Bei einem flächigen Fließgut läßt sich die Dimension Länge in einem späteren Arbeitsgang beliebig festlegen. Die Abmessungen der maschinellen Anlage müssen also lediglich der maximal gewünschten Breite und Dicke der zweidimensional geformten Fließgüter entsprechen.

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 48 - 54.

Im Gegensatz zur Produktion von Stück- und flächigen Gütern sind Anlagen zur Erzeugung und Verarbeitung, für Lagerung und Transport von gestaltlosen Fließgütern grundsätzlich frei dimensionierbar [1]. Die Stoffteilchen passen sich an jede Gefäßform an. Technologisch bedingte Grenzen können dem Kapazitätsquerschnitt dann gezogen sein, wenn sich z.B. in röhrenförmigen kontinuierlichen Anlagen Stoffe verschiedenen Reifegrades vermischen würden und sich somit der Prozeß quantitativ oder qualitativ nicht mehr beherrschen ließe.

Art und Kapazität zusätzlicher maschineller Anlagen empfiehlt die Fertigungsvorbereitung unter technologischen Gesichtspunkten auf Grund ihr genannter Absatzpläne. Über die Durchführbarkeit bzw. die Auswahl unter Alternativen entscheiden letztlich die finanziellen Möglichkeiten. Welche Maßstäbe und Methoden grundsätzlich zu richtigen Investitionsentscheidungen führen sollen, wird in umfangreicher Literatur erörtert, auf die hier verwiesen werden muß [2].
Im Anschluß an unsere Unterscheidung nach der Gestalt der Erzeugnisse läßt sich sagen, daß eine Kapazitätserweiterung bei der Bearbeitung von Stückgütern und geformten Fließgütern überwiegend multiplikativ, bei der Verarbeitung amorpher Massen dagegen dimensionierend geschieht [3]. In beiden Fällen wird der technisch-wirtschaftliche Fortschritt genutzt werden, die Kapazitätsänderung also zugleich mutativen Charakter tragen [4]. Bei der Erzeugung gestaltloser Güter

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Umgestaltung des Produktionsbereiches ..., a.a.O., S. 223 ff.

2) Vgl. z.B. H. BRANDT, Investitionspolitik des Industriebetriebs, Wiesbaden 1959; H. JACOB, Neuere Entwicklungen in der Investitionsrechnung, in: ZfB 1964, S. 487 - 507 und 551 - 594; H. HAX, Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe der linearen Programmierung, in: ZfbF 1964, S. 430 - 446; H.-P. KAHL, Beschäftigungs- und Auflagenumfang als Kriterien der Verfahrensauswahl, in: ZfB 1967, Ergänzungsheft 1, S. 75 - 102.

3) Vgl. E. SCHÄFER, Die Unternehmung, a.a.O., S. 255 f. und derselbe, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 145 ff.

4) Begriff nach E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 386.

würde multiplikative Vermehrung der Betriebsanlagen meist zu einem unvertretbar großen Kapazitätssprung führen [1]; doch auch dort, wo multiplikative Größengestaltung möglich ist, wird man aus Gründen der Anpassungsfähigkeit an schwankenden Absatz die Anlageneinheiten in ihrer Kapazität abstufen. Das gilt für einheitliche, noch mehr für wechselnde Massenfertigung und Individualproduktion [2]. RIEBEL stellt fest, daß für die Bestimmung des Grades der Kapazitätsunterteilung folgende Konkurrenzbeziehungen gelten: " Bei wechselnder Produktion konkurriert immer das Streben nach Ausnutzung der Größendegression mit dem Streben nach Minimierung der Umstellungskosten; bei Chargenfertigung mit wechselnden Auftragsgrößen und bei Stückfertigung mit wechselnden Stückgrößen konkurriert das Streben nach Ausnutzung der Größendegression mit dem Streben nach Vollausnutzung des Kapazitätsquerschnitts." [3]

3. Das Festlegen maschineller Anlagen in Abhängigkeit von Fertigungsarten und -systemen.

Die geringsten laufend wiederkehrenden Probleme stellt auch hier die einheitliche und gleichbleibende M a s s e n fertigung: Absatzchancen und technische Notwendigkeiten legen meist Ober- und Untergrenzen für die Kapazitäten fest. Die größte Schwierigkeit besteht darin, innerhalb dieser Grenzen maschinelle Anlagen zu beschaffen, die dem gewünschten Leistungsquerschnitt möglichst nahe-

---

1) Die optimale Dimensionierung in der chemischen Industrie wird behandelt bei KÖLBEL/SCHULZE, a.a.O., S. 79 ff.

2) Vgl. die Beispiele bei P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 28 und 72 f.

3) P. RIEBEL, Umgestaltung des Produktionsbereiches ..., a.a.O., S. 227.

kommen, also weder quantitativ noch qualitativ über- oder unterdimensioniert sind [1]. Die Anordnung der spezialisierten maschinellen Anlagen ergibt sich meistens aus dem Materialfluß. Das zeigt sich besonders ausgeprägt bei chemisch-technologischen Prozessen: "Es ist richtiger, die Gebäude nach der Anordnung der Apparaturen zu richten als umgekehrt, d.h. man stellt - rein theoretisch und oft auch in der Wirklichkeit - zuerst die Apparate auf und umgibt sie dann mit dem Gebäude; der Architekt richtet sich nach dem Chemiker und Ingenieur." [2] Laufende organisatorische Umstellungen sind nicht zu bewältigen, da wechselnde Fertigungsfolge ausgeschlossen ist.

Die in der Mehrzahl kleinen Betriebe mit reiner E i n z e l fertigung verwenden universelle Maschinen, die nach gleichartigen Grundfunktionen, also im Werkstättensystem, angeordnet sind. Entwicklung und Herstellung auftragsindividueller Werkzeuge und Vorrichtungen sind bei reiner Einzelfertigung wirtschaftlich nicht lohnend.
Besteht jedoch Aussicht auf Wiederholung von gleichen Aufträgen, braucht auch die Individualfertigung nicht bei einfachen, zwar universell anwendbaren, aber wenig leistungsfähigen Betriebsmitteln stehenzubleiben. In Verbindung mit der elektronischen Technik bieten sich Möglichkeiten, neben der einmaligen Gestaltungsarbeit auch die Erfahrungen, Kenntnisse und Fertigkeiten des Einzelnen auf speicherbaren Trägern zu fixieren. Durch eine solche Dokumentation wird das Wissen vom Einzelnen unabhängiger gemacht, es ist beim Wiederauftreten einer bestimmten Aufgabe jederzeit wieder greifbar und hat sich nicht verflüchtigt, wie das jedem nicht ständig angewandten Wissen droht [3]. Damit verbunden ist die Entwicklung insbesondere von

---

1) Vgl. M. WRBA, a.a.O., S. 45 f.

2) F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 237.

3) Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., insbes. S. 496, spricht von der teilweisen Übertragung des 'immateriellen Vorbereitungsgrades' in den 'materiellen' Bereich, der keinem 'endogenen Abbau' unterliegt.

Werkzeugmaschinen mit einem hohen "allgemeinen Vorbereitungsgrad"[1]. Sie sind ohne große Umstellungen für die Durchführung der verschiedensten Arbeiten geeignet [2]. "Der Schwerpunkt der qualitativen Kapazität liegt hier nicht in erster Linie auf dem rationellen Vollzug des einzelnen Produktionsablaufs, sondern auf der Durchführung vielfältiger Umstellungen und Anpassungsvorgänge ohne nennenswerten zusätzlichen Aufwand." [3] Solche Anlagen mit hoher Umstellungsbereitschaft - man denke z.B. an eine Kopierdrehbank - weisen noch höhere beschäftigungsunabhängige Kosten auf als Einzweckanlagen gleicher Kapazität. Ihr Einsatz ist also nur bei häufigem Wechsel im Produktionsablauf und bei insgesamt gesicherter Beschäftigung gerechtfertigt. Ist die zweite Voraussetzung nicht gegeben, wird die wirtschaftliche Vernunft zu technisch weniger vollkommenen Verfahren raten, die zwar nicht so schnell und genau auf andere Produkte umstellbar sind, dafür aber geringere beschäftigungsfixe Kosten verursachen [4].

Für welche Dauer muß die Beschäftigung gesichert sein, damit sich eine Aufstellung der maschinellen Anlagen entsprechend dem jeweiligen Fertigungsfluß bezahlt macht? Diese Frage stellt sich bei S o r t e n - u n d S e r i e n fertigung. Zunächst sind oft die vorhandenen Raumverhältnisse als gegeben hinzunehmen und bestimmte Maschinen z.B. wegen ihres Gewichts, ihrer starken Erschütterungen,

---

1) Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 485.

2) Vgl. dazu MOLL/SIMON/HEROLD/FRENZ, Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, Heft 68 der Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund o.J. (1963).

3) Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 497.

4) Zur Wahl der Fertigungsanlagen bei ein- und mehrgleisiger Sortenfertigung vgl. vor allem H. OHSE, a.a.O., S. 606 - 628.

Lärm- oder Gasentwicklung wenigstens auf kürzere Sicht standortgebunden. Innerhalb dieser Grenzen hängt die Entscheidung von einem Vergleich der voraussichtlichen Umstellungskosten mit den geschätzten Transportmehrkosten bei einer Fertigung im Werkstättensystem ab. Ein Mittelweg ist, die Maschinenanordnung nach dem Fertigungsweg der vermutlich am häufigsten aufzulegenden oder am schwersten transportierbaren Lose auszurichten bzw. bei gleichmäßig wechselnden Losen danach, welche Arbeitsgänge durchweg mit hoher Wahrscheinlichkeit aufeinander folgen [1]. Gegenüber graphischen Verfahren, die dem Erkennen solcher Gesetzmäßigkeiten dienen, hat die rechnerische Auswertung gespeicherter Arbeitsfolgepläne den Vorteil, daß auch sehr viele Teile nach Häufigkeit, jeweiliger Menge und Gewicht zur Ermittlung der optimalen Maschinenanordnung erfaßt werden können [2].

Ein Hauptmerkmal der ä u ß e r e n B a u s t e l l e n fertigung ist die Einrichtung eines 'Betriebes auf Zeit' an einem vom Auftraggeber, nicht vom Unternehmer bestimmten Ort [3]. Folglich müssen die maschinellen Anlagen beweglich sein. Sie erfordern eine laufende Einsatzplanung nach Art, Menge, Ort und Zeit, wie sie bei den übrigen Fertigungssystemen nur hinsichtlich der Sonderbetriebsmittel notwendig ist. Die zunehmende Mechanisierung der Bauarbeiten verstärkt noch die große Bedeutung, die der Betriebsmittelplanung bei diesem Fertigungssystem zukommt. Zu entscheiden ist einmal über

---

1) Vgl. F. PRISTL, Arbeitsplanung ..., a.a.O., S. 206 f.

2) Vgl. dazu H.-G. ABROMEIT, Methoden und Probleme bei der Planung der Maschinenanordnung, in: BFuP 1953, S. 33 ff. und H. ELENZ/ G. WEBER, Untersuchungen und Organisation des Terminwesens im Maschinenbau bei Einzel- und Kleinserienfertigung, Sindelfingen 1965, IBM Form 78 146.1.65.

3) Einzelheiten zu den folgenden Ausführungen vgl. H. MECKLENBURG/ H. SPEIDEL, Arbeitsvorbereitung für Baustellen, Wiesbaden 1961, S. 15 ff.; Arbeitskreis für Arbeitskunde der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen, Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, a.a.O., S. 19 ff. und Arbeitskreis für Unternehmensorganisation der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen, Die Unternehmensorganisation in der Bauindustrie, Düsseldorf 1965, S. 44 bis 54.

Art und Zahl der notwendigen Betriebsmittel wie Fahrzeuge, Maschinen für Metall- und Holzbearbeitung, Baugeräte mit Motorantrieb, Kleingeräte und Werkzeuge, Rüst- und Schalmaterial, Baustelleninstallation für Wasser, Strom, Druckluft u.ä., Baracken, Unterkunftswagen und Baubüro. Die Auswahl der für die verschiedenen Arbeiten zweckmäßigen Verfahren und Betriebsmittel wird bei einfachen, immer wieder ähnlich vorkommenden Bauvorhaben, z.B. im Wohnungsbau oder normalen Stahlbeton-Hochbau, keine besonderen Probleme stellen. Bei außergewöhnlichen Aufträgen erweist sich dagegen zumindest für Teilarbeiten ein Leistungs- und auch Kostenvergleich zwischen einzelnen Betriebsmitteln oder Gerätekombinationen als notwendig [1]. Dabei ist zunächst von der optimalen Betriebsmittelkombination schlechthin auszugehen, der vorhandene Gerätebestand somit unberücksichtigt zu lassen. Erst dann vermag die Fertigungsvorbereitung durch einen Vergleich von Art, Dauer und Terminen aller vorliegenden Aufträge zu beurteilen, ob auch mit dem gegebenen Potential noch wirtschaftlich sinnvolle Kompromißlösungen möglich sind oder ob der Unternehmungsleitung Kauf oder Miete bestimmter Betriebsmittel empfohlen werden soll. Oft wird es sich bei der Abstimmung parallel laufender Bauvorhaben als vorteilhaft herausstellen, eine Teilleistung nicht während der gesamten Bauzeit mit Geräten gleicher Leistungsfähigkeit auszuführen, sondern z.B. die Mischmaschine oder den Kran auszuwechseln. Auch hier zeigt sich wiederum der enge Zusammenhang sachlicher und zeitlicher Planungsaufgaben. Möglichst nahe beieinanderliegende, gleichartige Baustellen erleichtern die Planung und verbilligen die Fertigung.

Die optimale Zuordnung aller stationären Einrichtungsteile und Lagerplätze zueinander als zweiter Aufgabenbereich der Bereitstellungsplanung für Baustellen läßt sich nur unter genauer Beachtung der örtlichen Verhältnisse erreichen. Diese wechseln besonders in Stadtgebieten sehr oft und dort hat man auch mit den größten räumlichen

---

1) Vgl. auch E. J. TRAPP, Über den wirtschaftlichen Einsatz moderner Erdbaumaschinen, Diss. Berlin 1964, insbes. S. 64 ff. und G. DREES, Die Organisation und Kontrolle des Maschineneinsatzes im Baubetrieb, in: Baumaschinen und Bautechnik 1959, S. 335-342.

Beschränkungen zu rechnen. Aus den Baustelleneinrichtungsplänen sollen Lage und Raumbedarf zu ersehen sein für Zufahrten und Bauwege, Wasser- und Stromanschlüsse, Arbeitsbereiche, Teilfertigungsstätten (z.B. Biege- und Zimmerplatz), Stapel- und Lagerplätze u.a. Für den Entwurf einer Baustelleneinrichtung gelten bestimmte Grundsätze [1]. Sie zu beachten und geringe Reparaturanfälligkeit der Betriebsmittel anzustreben, muß selbstverständlich sein, denn bei äußerer Baustellenfertigung verursachen vom Menschen nicht beeinflußbare Größen: unvorhersehbare Boden- und Geländehindernisse, sowie vor allem die Wetterbedingungen ohnehin schon Leistungsstörungen genug.

4. Zur Wahl der Sonderbetriebsmittel, besonders unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsart

Zweckgebundene Werkzeuge, Modelle, Vorrichtungen und Lehren - sie lassen sich als Sonderbetriebsmittel zusammenfassen [2] - werden zugleich mit den Verfahren und Arbeitsgängen bestimmt [3]. Oft besteht die Wahl zwischen mehreren Ausführungen, die sich in Anschaffungspreis und Lebensdauer unterscheiden und sowohl die Loswechselkosten, wie auch die variablen Kosten pro erzeugte Einheit verschieden stark beeinflussen. Bei längerlebigen Betriebsmitteln sind in den Wirtschaftlichkeitsvergleich auch die Kosten eventueller Aufarbeitung und des Lagerns zwischen den Inanspruchnahmen einzubeziehen.

---

1) Vgl. H. MECKLENBURG / M. SPEIDEL, Arbeitsvorbereitung für Baustellen, a.a.O., S. 31.

2) Vgl. E. KOSIOL, Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung ..., a.a.O., S. 25.

3) KOSIOL, ebenda S. 49 f. erläutert genauer, warum die Konstruktion von Sonderbetriebsmitteln eher in den Bereich der Fertigungsvorbereitung als zur Produktgestaltung gehört.
Zu Arten und Zwecken einer Vorrichtung vgl. u.a. M. WRBA, a.a.O., S. 52 ff.

Ähnlich wie bei Maschinen gilt auch für die Sonderbetriebsmittel, daß mit der Zahl möglicher Nutzungen ein höherer Grad an Spezialisierung und Güte vorteilhaft wird. Grundsätzlich legt man dieser Entscheidung somit nicht die Losgröße - als geschlossen der Fertigung übergebener Auftrag -, sondern die Auflagenhöhe zugrunde. Damit ist die Menge gemeint, die insgesamt von einer Produktart erzeugt werden kann [1].

Bei einmaliger E i n z e l fertigung würde für auftragsspezielle Sonderbetriebsmittel an sich ein Gütegrad genügen, bei dem sie nach einem Nutzungsakt unbrauchbar sind. Eine solche Gestaltung läßt aber die zu erfüllende Funktion in der Regel nicht zu. Bei Werkzeugen zur "punktuell-fortschreitenden" [2] mechanischen Bearbeitung verzichtet man daher auf eine größere Intensität der Einwirkung und hält das einwirkende Element - die Schneide - möglichst einfach [3]. Das Werkzeug ist dadurch vielseitiger, durch Verwendung von Hartmetallen erreicht man gleichzeitig eine höhere Schnittgeschwindigkeit und längere Lebensdauer. Der Umfang der einzelnen Fertigungsaufträge spielt nur insofern eine Rolle, als darauf zu achten ist, daß der Zeitpunkt völligen Verschleißes oder nicht mehr verschiebbarer Aufarbeitung nicht während eines geschlossenen Fertigungsauftrages eintritt. Rechtzeitiger Werkzeugwechsel nach Erfahrungssätzen hilft solche Fertigungsstockungen vermeiden [4]. Schwieriger ist die Lösung bei Vorrichtungen und Modellen, sowie solchen Werkzeugen, die "total-momentaner" [5] Formgebung dienen: Zwar würde auch der z.B. in einem Schmiedegesenk verkörperte Vorbereitungsgrad wegen seines materiell-statischen Charakters keinem

---

1) Zum Verhältnis von Losgröße und Auflagenhöhe vgl. H. OHSE, a.a.O., S. 273 ff.

2) Nach P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren ..., a.a.O., S. 39.

3) Vgl. Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 493.

4) Vgl. dazu M. WRBA, a.a.O., S. 48 f.

5) Nach P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 39.

selbständigen Abbau im Zeitablauf unterliegen [1], aber ein solches Werkzeug kann ebenso wie die Mehrzahl der Vorrichtungen und Modelle nur für einen bestimmten Auftrag, ein Los bzw. eine Serie eingesetzt werden. Vorrichtungen und Modelle sind darüberhinaus wegen ihrer Größe schwieriger aufzubewahren als Werkzeuge. Auf zwei Wegen kann eine Annäherung versucht werden: entweder die Eigenschaften der Modelle und Vorrichtungen lassen sich an die Anforderungen einer einmaligen Fertigung anpassen oder der aufgebaute Vorbereitungsgrad läßt sich ohne besonderen Aufwand lange Zeit speichern. Zwei geglückte Lösungen mögen das verdeutlichen:
Kann mit der Wiederholung eines bestimmten Gießauftrages nicht gerechnet werden oder scheidet die Aufbewahrung der Modelle z.B. aus Platzmangel aus, so ist selbst ein Modell aus Holz in seiner Lebensdauer gegenüber den gestellten Anforderungen überdimensioniert. Beim sogenannten Vollformgießverfahren [2] besteht das Modell aus einem sehr leicht bearbeitbaren Material, das durch die eingegossene Metallschmelze bis zur Vergasung erhitzt wird. Die Form des Modells wird durch das einfließende Metall restlos ausgefüllt.
Bei manchen punktuell-fortschreitenden Verfahren wiederum lassen sich umfangreiche Vorrichtungen, Modelle, Schablonen u.ä. durch Lochstreifen, Lochkarten oder Magnetbänder ersetzen, welche die Arbeitsabläufe steuern [3]. Sie machen Anreißen auf dem Werkstück überflüssig, verringern die Zahl der Aufspannungen und ersparen somit Transporte und Zwischenlager; sie erlauben schnelles Umrüsten der Maschinen und lassen sich einfach und platzsparend aufbewahren. Mit der Zeitspanne der Einsatzbereitschaft dieses gespeicherten Vorbereitunsgrades steigt auch die Chance wiederholter Nutzbarkeit. Eine genaue Registrierung ist dafür wichtige Voraussetzung.

---

1) Vgl. Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 483 ff.

2) Vgl. K.W. HEIMANN, Neue Verfahren auf dem Gebiete der Gießtechnik, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1724 f.

3) Vgl. Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 495.

Im Idealfall stimmt bei S e r i e n - und S o r t e n fertigung die 'Standzeit', gemessen in bearbeiteten Produkteinheiten, genau mit der Losgröße überein. Die Regel ist aber, daß man sich zwischen Werkzeugen kürzerer oder längerer Standzeit entscheiden muß. Dazu sind vor allem die Kosten des mehrmaligen Tausches eines billigeren Werkzeuges der ungenutzten Restleistung eines nur einmal verwendeten teureren Werkzeugs gegenüberzustellen. OHSE [1] zeigt an einem Beispiel, daß zwei Werkzeuge unterschiedlicher Qualität bei steigender Losgröße abwechselnd wirtschaftlich vorteilhaft sein können. Es wird jeweils das Werkzeug gewählt, dessen Standzeit bzw. Vielfaches der zu bearbeitenden Losgröße möglichst nahekommt. Es gibt also mehrere kritische Losgrößen für die Wahl von Spezialwerkzeugen, bevor sich endgültig das teurere durchsetzt.
Weitgehend spezialisierte, dauerhafte und damit teure Werkzeuge, Vorrichtungen usw. bringen nach dem Gesagten mit zunehmender Verwirklichung des Massenprinzips Vorteile. Der zwangsläufige Rhythmus einer Massenfertigung im Fließsystem macht nicht nur die periodisch-zwangsläufige Versorgung mit Werkstoffen, sondern auch mit den genannten Sonderbetriebsmitteln notwendig. Sie werden nicht mehr wie bei Individualfertigung vom Arbeiter je nach Bedarf geholt, sondern nach genauem Plan an die Einsatzstellen gebracht. Wegen der engen Verknüpfung des Fertigungsflusses ist es gegenüber den anderen Fertigungssystemen noch wichtiger, die sich dem Ende ihrer Standzeit nähernden Werkzeuge - nicht einzeln, sondern in zusammengehörenden Gruppen - nach Plan zu wechseln, bevor es zu Produktionsausfällen durch Bruch oder Verschleiß kommt [2]. Wenn auch die Maschinenstraßen, einschließlich Vorrichtungen und Werkzeugen vom Betrieb selbst oder vom Zulieferer vor Fertigungsbeginn in ihrer Leistung auf einen bestimmten Ausstoß abgestimmt sind, verbleibt der Fertigungsvorbereitung auch nachher die Aufgabe, Störungen der Fließfertigung

---

1) H. OHSE, a.a.O., S. 993.

2) Vgl. R. HOFMANN, a.a.O., S. 87 f. und P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 162 f., sowie die dort in Fußnote 84 genannte Literatur.

laufend nach den Gründen zu analysieren. Die Verlustzeiten durch Nachstellen und Wechsel von Werkzeugen und Vorrichtungen können dabei einen wesentlichen Anteil ausmachen [1]. Die Aufgabe, den richtigen Kompromiß zwischen vollständigem Ausnutzen der Sonderbetriebsmittel und Vermeiden jedes Risikos eines Produktionsausfalls zu finden, wird hier insofern erleichtert, als sich durch Beobachten der über längere Zeit unveränderten Fertigung allmählich nahezu optimale Werte ermitteln lassen.

---

1) Vgl. G. NOWAK, Fließarbeit und ihre Organisation, Diss. Berlin 1959, S. 132 ff.

V. Planung des Fertigungsmaterials

Unter Fertigungsmaterial "verstehen wir alle Stoffe, die in die Fertigung gelangen, um dort im Verlauf betrieblicher Leistungserstellung zu den Betriebsprodukten geformt oder zur Ermöglichung des Betriebsprozesses verbraucht zu werden". [1] Dazu zählen somit Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, von auswärts bezogene Teile, eventuell auch Abfallstoffe, wenn sie in der Fertigung wieder eingesetzt werden können.

Grundsätzlich lassen sich drei Prinzipien der Materialbereitstellung unterscheiden [2]:

- Einzelbeschaffung erst nach Auftreten eines bestimmten Bedarfsfalles;
- Vorratshaltung: die Materialien werden im eigenen Betrieb 'auf Abruf' gelagert;
- Fertigungssynchrone Anlieferung der Materialien zu festen, vom Produktionsablauf bestimmten Terminen.

Die Wahl von Beschaffungswegen und Lieferanten wird von der Fertigungsvorbereitung nur dann beeinflußt, wenn fertigungstechnische Notwendigkeiten eine bestimmte Lösung verlangen. Im Normalfall sind beschaffungstechnische Entscheidungen und deren Durchführung Sache des Einkaufs. Uns interessiert im folgenden die Frage: Welche objektiven außer- und innerbetrieblichen Einflußgrößen bestimmen das der Einkaufstätigkeit vorangehende Ermitteln der Materialmengen und der Zeitpunkte ihrer Anforderung? Die subjektive Unternehmungspolitik bleibt außer Betracht.

---

1) E. GROCHLA, Materialwirtschaft, Wiesbaden 1958, S. 9.
2) Vgl. ebenda, S. 21 ff.

1. Einflußgrößen des Marktes [1]

a) Die B e s c h a f f u n g s v e r h ä l t n i s s e wirken sich unmittelbar auf die Mengenbestimmung aus. Sind sie als günstig zu bezeichnen - sei es, weil allgemein ein ausreichendes, preiswertes und schnell lieferfähiges Angebot herrscht oder weil die Unternehmung als Großabnehmer eine starke Marktstellung besitzt -, dann wird möglichst erst im Bedarfsfall oder fertigungssynchron beschafft. Umgekehrt führen sinkende Angebotsmengen, lange Lieferfristen, steigende oder stark schwankende Preise, Transportschwierigkeiten u.ä. zur Vorratshaltung. Auch spekulative Überlegungen [2], der Anreiz günstigerer Preise [3] oder der Einsparung von Transportkosten kann den Einkauf dazu veranlassen, größere Mengen als den Periodenbedarf zu beschaffen. Aus Sorge um stets gesicherten Materialnachschub für den Produktionsprozeß tendiert die Fertigungsvorbereitung in dieselbe Richtung. Dieses Streben muß dort seine Grenze finden, wo die Vorteile geringerer Beschaffungskosten und berechtigten Sicherheitsdenkens von den Kosten längerer Lagerung und Kapitalbindung überkompensiert werden [4].
Mehr über den Einfluß der Beschaffungsmärkte läßt sich sagen, wenn man danach differenziert, welche Art von Fertigungsstoffen ein Betrieb verarbeitet [5].

---

1) Vgl. dazu auch K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, a.a.O., S. 21 f.

2) Vgl. E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 110 f. und 117.

3) Die Frage, wie hoch der Anteil aushandelbarer Einkaufspreise in den einzelnen Branchen ist, untersuchte der Arbeitskreis GUBITZ-KUCZEWSKI der Schmalenbach-Gesellschaft. Vgl. dazu den Ergebnisbericht in: ZfhF, 11. Jg. 1959, S. 563 - 602.

4) Vgl. u.a. E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 94 ff. und E. GROCHLA, a.a.O., S. 43 ff.

5) Vgl. dazu Seite 111 ff. der Arbeit.

b) Auch die A b s a t z b e d i n g u n g e n beeinflussen indirekt die Materialbeschaffung. Schwankungen des Absatzes bedeuten Schwankungen der Beschäftigung - eventuell gemildert durch das Ausgleichsbecken des Fertiglagers, aber auch verstärkt durch Betriebsstörungen o.ä. - und erschweren, da sie selten vorhersehbar sind, die Materialeindeckung. Grundsätzlich wird günstige Absatzlage zu großzügiger Beschaffungspolitik veranlassen, während sinkende Nachfrage und fallende Verkaufspreise dahin wirken, die Materiallager nicht über das für die augenblickliche Fertigung notwendige Maß hinaus zu füllen.
Neben diesem konjunkturellen Gesichtspunkt wird das Materialbereitstellungsprinzip entscheidend durch die " A b s a t z - s t r u k t u r " [1] bestimmt. Bei Auftragsfertigung erfolgt die Beschaffung der wesentlichsten Materialien grundsätzlich erst nach dem Eingang der Kundenbestellung. In der Terminologie SUNDHOFFs [2] bedeutet das: die 'Bestellmenge' (des Einkaufs) unterscheidet sich meist nicht von der 'Bereitstellungsmenge', die laut Fertigungsvorbereitung für eine bestimmte Aufgabe zum vorgesehenen Produktionsbeginn verfügbar sein muß. Eine Fertigung für den anonymen Markt dagegen macht die Beschaffungstätigkeit freier beweglich, da sie von einem für verhältnismäßig lange Perioden bekannten bzw. geplanten Bedarf ausgehen kann [3]; Bestell-, Liefer- und Bereitstellungsmengen weichen kurzfristig oftmals erheblich voneinander ab. Von Betriebsstoffen abgesehen ist Marktproduktion in der Regel Voraussetzung für Vorratshaltung oder fertigungssynchrone Anlieferung. Die anzustrebenden Liefertermine ergeben sich aus dem Zeitpunkt, an dem die Lagerbestände voraussichtlich auf die unbedingt zu haltenden 'eisernen Bestände' abgesunken sein werden.

Nun sind jedoch diese Aussagen zur Materialmengenbestimmung in Abhängigkeit der Absatzstruktur insofern noch zu global, als wir bei

---

1) Begriff nach K. HAX, Industriebetrieb, a.a.O., S. 247. E. SCHÄFER, Der Industriebetriebetrieb, a.a.O., S. 86 ff. spricht vom Merkmal der Marktbeziehungen.

2) L. SUNDHOFF, a.a.O., S. 93 f.

3) Vgl. G. REDDEWIG / H.-A. DUBBERKE, Einkaufsorganisation und Einkaufsplanung, Wiesbaden 1959, insbes. S. 55 bis 58.

mehrstufigen Fertigungsprozessen oft vertikale Kombinationen von Markt- und Kundenproduktion finden [1]. Die vorherrschende Verhaltensweise in der einzelnen Fertigungsstufe bestimmt, wie lange im voraus bzw. mit welcher Sicherheit in Bezug auf Qualität und Menge Fertigungsmaterialien beschafft werden können. RIEBEL zeigt das u.a. am Beispiel der Herstellung von Kleberollen für Verpackungszwecke [2]: Werden lediglich Standardrollen mit kundenindividuellem Aufdruck verlangt, kann bis auf die Schlußphase des Fertigungsablaufs auf Grund von Erwartungen produziert werden; erstrecken sich die Kundenwünsche aber bis zurück z.B. auf die Zusammensetzung des Klebstoffs oder die Papierqualität, so lassen sich nicht einmal die Rohstoffe 'auf Verdacht' beschaffen [3]. Trotzdem muß der Hersteller das Risiko eines (noch) nicht durch Aufträge gedeckten Materialeinkaufs auf sich nehmen, wenn die beim Kunden durchsetzbaren Lieferzeiten nicht lang genug sind, um noch alle Dispositionen von der Bedarfsrechnung über Materialbeschaffung und Fertigung bis zur Auslieferung zu ermöglichen. In diesem Falle geht der Auftrag zu einem Zeitpunkt ein, der zwischen notwendiger Bedarfsermittlung und gefordertem Liefertermin liegt. Zwei verschiedene Wege der Bedarfsermittlung sind dann für ein Erzeugnis notwendig: Schätzen vor und Errechnen nach Eingang des Auftrags.

2. Innerbetriebliche Einflußgrößen

Der für die Materialbereitstellung aller Fertigungstypen gleichermaßen wichtigste Faktor ist die Finanzlage einer Unternehmung [4]. Mögen z.B. auch alle leistungswirtschaftlichen Größen für Vorratshaltung sprechen, so kann mangelnde Liquidität zur Einzelbeschaffung im Bedarfsfalle zwingen und die Sicherheit des Produktions-

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Typen der Markt- und Kundenproduktion..., a.a.O., S. 678 ff.

2) Vgl. ebenda, S. 679.

3) Vgl. auch die Ausführungen zum Vereinheitlichungsstreben bei der Produktgestaltung, Seite 50 ff. der Arbeit.

4) Vgl. E. GROCHLA, a.a.O., S. 27 f.

ablaufs gefährden. Weniger von der Finanzkraft abhängig ist die Anwendung des Prinzips fertigungssynchroner Anlieferung, da hier Kapital dauernd nur in den Sicherheitsbeständen gebunden ist.

Welche leistungswirtschaftlichen Kriterien bestimmen nun den unterschiedlichen Charakter der Materialbereitstellung?

a) Der Wert eines Stoffes bzw. einer Materialart

Durch Multiplikation von jährlichem Mengenverbrauch mal Preis pro Einheit läßt sich jedes fremd bezogene Material nach seiner wertmäßigen Bedeutung für den Betrieb in eine Rangordnung bringen. Bei der sog. ABC-Analyse [1] z.B. wird dann gefragt, welche Stoffe 75 % (Kategorie A), 20 % (B) und 5 % (C) der jährlichen Material-Gesamtkosten verursachen.
Wenigen A-Stoffen und -Teilen stehen dann in der Regel sehr viele der Kategorie C gegenüber und es ist wirtschaftlich sinnvoll, der Bedarfsermittlung der ersten Gruppe die größte Aufmerksamkeit zu widmen.
A-Materialien sind meistens Fertigungsstoffe, d.h. wesentliche Bestandteile des Erzeugnisses, wobei es sich um Rohstoffe (z.B. Wolle, Holz, Erze, auch wieder einsetzbare Abfallstoffe), Halbfabrikate (z.B. Stahlblöcke für ein Walzwerk, Garn für die Weberei) oder fertig bezogene wichtige Teile (z.B. Reifen für die Automobilindustrie, Beschläge für die Möbelherstellung) handeln kann. Demgegenüber sind die Materialien mit geringerem Einkaufswert pro Jahr in der Regel Hilfs- oder Betriebsstoffe. Während Betriebsstoffe ebenso wie Fertigungsstoffe im Erzeugnis aufgehen und sich von diesen nur graduell unterscheiden, werden Hilfsstoffe nicht für ein bestimmtes Produkt verwendet, sondern dienen der Aufrechterhaltung

---

1) Zu dieser Unterscheidung vgl. z.B.: Betriebswirtschaftlicher Ausschuß der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.), Betriebswirtschaftliche Planung unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Chemischen Industrie, Wiesbaden 1965, S. 93 ff.

des Erzeugungsprozesses. In welcher fertigungstechnischen Beziehung ein Material zum Enderzeugnis steht, d.h. ob es sich um Fertigungs-, Hilfs- oder Betriebsstoffe handelt, ist für die Wahl des Bereitstellungsprinzips und die Sorgfalt der Mengen- und Terminbestimmung zweitrangig. Entscheidend ist das wertmäßige Gewicht einer Materialart pro Fertigungsperiode. Die bereits angedeutete Tatsache, daß sich im Ergebnis die beiden Unterscheidungen weitgehend decken, ist vermutlich der Grund dafür, daß in den meisten einschlägigen Untersuchungen nach dem Kriterium der Materialart - sofern überhaupt - differenziert wird [1]. In einer allgemeinen Darstellung läßt sich mit der Unterscheidung nach Materialarten anschaulicher arbeiten; im einzelnen Betrieb sollte aber das Kriterium der wertmäßigen Bedeutung im Zweifel vorrangig sein.

Wegen der großen Zahl bei jeweils geringem Einkaufswert wäre für Hilfs- und Betriebsstoffe eine nach Menge und Termin einigermaßen genaue Bedarfsdeckung pro Auftrag oder Fertigungsperiode wirtschaftlich selten vertretbar. Folglich werden die Materialien nicht erst auf Grund des Fertigungsprogramms errechnet und beschafft, sondern auf Lager gehalten, welches nach Erreichen einer bestimmten 'Anstoßmenge' (Meldemenge einschließlich Mindestbestand) 'pauschal' [2] aufgefüllt wird. Die Aufgabenverteilung zwischen Fertigungsvorbereitung, Lagerverwaltung und Einkauf läßt sich organisatorisch auf verschiedene Weise regeln [3]; in jedem Fall hat die Fertigungsvorbereitung bei der Festlegung der 'Anstoßmengen' mitzuwirken, die nicht allein nach den Lagerausgängen früherer Perioden festgelegt oder auf Grund von Verbrauchsstudien ermittelt, sondern entsprechend

---

1) So z,B. auch bei E. SUNDHOFF, a.a.O. und E. GROCHLA, a.a.O. W. KALVERAM jr., Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 247 f. unterscheidet dagegen unabhängig von der 'Materialart' in unserem Sinne lediglich nach der Verwendungsspanne zwischen "Auftrags-" und "Vorratsmaterial".

2) 'Pauschal' oder 'automatisch' deshalb, weil keine echte rechnerische Beziehung zum Fertigungsprogramm besteht. Vgl. REDDEWIG/DUBBERKE, a.a.O., S. 58.

3) Vgl. ebenda S. 51 ff.

künftig erwarteten Änderungen in Fertigungsprogramm, Beschäftigungsgrad und Beschaffungszeiten korrigiert werden sollten [1]. Datenverarbeitungsanlagen mit ihrer hohen Rechenleistung bieten die Möglichkeit, statt eines Mindestbestandes eine Mindestbevorratungszeit festzulegen. Während bei Bedarfsschwankungen der Mindestbestand jeweils neu festgelegt werden müßte, genügt für den Zuschlag in Tagen eine einmalige Festlegung gemäß der gewünschten Lagerpolitik. Das Programm errechnet dann automatisch die mit den Bedarfsschwankungen sich ändernden Mindestbestände [2].
Das Gesagte gilt für immer wieder benötigte Hilfs- und Betriebsstoffe [3]; tritt der Verbrauch sehr unregelmäßig auf oder handelt es sich gar um einen vermutlich einmaligen Bedarf, wird man auch bei Hilfs- und Betriebsstoffen vom Vorratsprinzip abgehen und von Fall zu Fall bestellen, um nicht unnötig Kapital in Lagerhütern zu binden [4].

Während die Anzahl der Hilfs- und Betriebsstoffe bei allen Produktionsverhältnissen sehr groß ist, schwankt die der Fertigungsstoffe erheblich. In der Urproduktion gibt es überhaupt keine Fertigungsstoffe, vielmehr ist die Gewinnung von Rohstoffen schon das Produktionsziel. Bei 'Veredelungs'- und sonstigen Prozessen durch-

---

1) Zur grundsätzlichen Festlegung von Melde- und Mindestbestand, sowie günstigster Bestellmenge vgl. u.a. E. GROCHLA, a.a.O., S. 32 - 43 und E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 191 ff.

2) Vgl. z.B. IBM Deutschland, Die Fertigungssteuerung bei der IBM Deutschland, Sindelfingen 1965, IBM Form 71 416-0, S. 42 ff.

3) Zunächst wurde bei den Versuchen, optimale Bestellmengen mit mathematischen Verfahren zu bestimmen, von gleichmäßigem Verbrauch der Materialien ausgegangen. So auch bei GOEBEL / KLEINSTEUBER, Anwendung der optimalen Losgröße auf einen logarithmisch-normalverteilten Bedarf, in: ZfhF 1963, S. 499 - 514. Inzwischen wird auch nichtlinearer Lagerabgang vorausgesetzt, wie z.B. von K. WEISS, Die wirtschaftliche Bestellmenge, in: ZfbF 1967, S. 381 - 391.

4) Vgl. E. GROCHLA, a.a.O., S. 39 f.

laufender Stoffverwertung haben wir es nur mit einem oder wenigen Fertigungsstoffen zu tun, deren wertmäßiger Anteil an den Gesamtkosten jedoch überdurchschnittlich hoch ist. Die größte Vielfalt an Fertigungsstoffen - nicht den höchsten Materialkosten-Anteil [1] - finden wir bei synthetisch-mechanischen Industrien.
Wir stellen fest: Hilfs- und Betriebsstoffe werden im Grundsatz auf Vorrat beschafft. Eine solche wenigstens tendenzielle Aussage über das zweckmäßigste Prinzip der Materialbereitstellung läßt sich bei den Fertigungsstoffen nicht treffen. Zwar sind "die Bedarfsmengen der Fertigungsstoffe einer genauen Berechnung zugänglicher als die der Hilfs- und Betriebsstoffe" [2] - warum, werden wir später sehen - aber aus dieser Tatsache ergibt sich noch nicht notwendig ein bestimmtes Beschaffungsprinzip. Die Entscheidung hängt in der Hauptsache davon ab, welchen Wert ein Rohstoff oder Teil besitzt und wie gut das Material zu lagern ist, sowie vom Grad der Verwirklichung des Massenprinzips. Diese Einflußgrößen werden in den folgenden Abschnitten noch näher betrachtet.

b) Die chemische Struktur der Fertigungsstoffe

Materialintensive Industrien benötigen nur relativ wenige Fertigungsstoffe, diese aber in entsprechend großen Mengen. Die chemische Struktur der Stoffe kann anorganisch sein (z.B. bei Gießereien), häufiger werden jedoch organische Naturprodukte verarbeitet (z.B. zu Bier, Kaffee, Zucker, Rauchwaren, Schokolade). Solche Betriebe beschaffen ihre Rohstoffe am weitgehendsten 'auf Verdacht' und damit ohne unmittelbaren Zusammenhang mit der laufenden Fertigung. Nachdem Qualitätstoleranzen und zu bewältigende Mengen pro Zeitein-

---

1) Vgl. dazu die Zahlentabellen zur Materialkostenstruktur in verschiedenen Wirtschaftszweigen bei E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 283 ff. und die Erläuterungen S. 258 f.

2) E. GROCHLA, a.a.O., S. 31.

heit mit der Fertigung grundsätzlich geklärt sind, liegt die Beschaffung im Ermessen des dann unbedingt sachkundigen Einkaufs oder bei der Unternehmungsleitung selbst [1].

Bei manchen Rohstoffen der lebenden Natur läßt sich die für ein gewünschtes Produktionsergebnis notwendige Menge Rohstoff nur annähernd ermitteln: während anorganisches Ausgangsmaterial wie z.B. Blech standardisierbar ist und eine optimale, auf Dauer gültige Werkstoffausnützung ausgetüftelt werden kann, wird das Zuschneiden z.B. von Häuten oder auch von Holz zu einer laufend notwendigen Augenblicksentscheidung. Die Ausbeute einer gegebenen Rohstoffmenge hängt neben der naturgegebenen Form bzw. Fläche einer Einheit vor allem von gleichmäßiger Materialqualität ab.

Aus den angeführten Gründen ergibt sich, daß Fertigungsstoffe der lebenden Natur in der Regel wie Hilfs- und Betriebsstoffe 'pauschal' auf Vorrat beschafft werden. Zwangsläufig bedingen der oft stoßweise Anfall bzw. die Bedarfsschätzungen eine umfangreichere Lagerhaltung als es bei genau errechenbaren Materialanforderungen der Fall wäre. Doch gegenüber dem Risiko von Stockungen in der Bereitstellung von Material für die Fertigung ist dies das kleinere Übel.

c) Art der Stoffverwertung und Technologie des Verfahrens

Kennt man für eine Fertigung die Ausprägungen der beiden Kriterien 'Art der Stoffverwertung' und 'Technologie des Fertigungsverfahrens', so kann man daraus folgern, auf welche Weise die Fertigungsstoffe pro Erzeugniseinheit [2] zu ermitteln sind.

---

1) Vgl. das Beispiel der Sägeindustrie bei E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 273 ff. E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 29 nennt Gründe für die weitgehende Loslösung der Materialbeschaffung von der Produktion.

2) M. WRBA, a.a.O., S. 41 und 74 und E. KOSIOL, Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung..., a.a.O., S. 23 und 25 bezeichnen die auf die Produkteinheit bezogene Mengenermittlung mit 'Materialplanung' im Gegensatz zur 'Materialsteuerung', die dann die Stückzahlen laut Fertigungsprogramm berücksichtigt.

Bei s y n t h e t i s c h - m e c h a n i s c h e n Fertigungsverhältnissen ist die sog. Stückliste "das organisatorische Verbindungsglied zwischen den gestaltenden Gedanken des Konstrukteurs und der eigentlichen Fertigung auf der einen und allen Funktionen auf der anderen Seite, die sich am Rande der Fertigung mit deren Vorbereitung, Organisation und Kontrolle befassen" [1]. Als tabellarische Darstellung des Produktes und seiner Teile wird die Stückliste vom Konstrukteur parallel zu seiner Zusammenstellungszeichnung erstellt und dient insbesondere der Materialbedarfsrechnung als Grundlage [2].

Die Aufgliederung einfacher Produkte, die in einstufiger Fertigung hergestellt werden (z.B. Kugelschreiber oder Lichtschalter), ist ohne Zwischenschritte sofort in sog. Material- oder Mengenstücklisten möglich. Die Teilegruppen und Einzelteile sind hier jeweils in der Gesamtmenge angegeben, mit denen sie in das Enderzeugnis eingehen. Aus solchen Stücklisten ist also der jeweilige Materialbedarf pro Einheit unmittelbar ersichtlich.

Anders bei aus vielen Einzelteilen in mehreren Fertigungsstufen zusammengebauten Erzeugnissen: sog. Baugruppenstücklisten enthalten alle in eine Baugruppe eingehenden Teile; den Zusammenhang durch alle Montagestufen zeigt dann die sog. Strukturstückliste. Für den Zweck der Teile- und Materialmengenermittlung müssen Konstrukteure oder Fertigungsvorbereiter aus den verschiedenen Baugruppenstücklisten erst die Mengen gleicher Art herausziehen und zu einem Gesamtbedarf pro Teile- bzw. Materialart vereinigen. Durch Multiplikation dieser 'auftragsneutralen' Mengen mit der vorgesehenen Auflagenhöhe bei wechselnder Fertigung gelangt die Fertigungsvorbereitung in der folgenden Stufe zu den Nettobedarfsmengen. Beziehen sich

---

1) K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 2, a.a.O., S. 165.

2) Zum Inhalt einer Stückliste und den sonstigen Unterlagen der Materialbeschaffung in der synthetisch-mechanischen Industrie vgl. M. H. BAUER, Die Materialwirtschaft, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949, S. 155 - 171.

die Abmessungs- und Mengenangaben auf die Fertigmaße, so müssen noch Bearbeitungs- und Trennungszugaben, zwangsläufiger, durch Blechformate, Stangenlängen usw. bedingter Abfall sowie bei der Fertigung entstehender Ausschuß zugeschlagen werden [1]. Die Bereitstellung der so errechneten Bruttomengen kann vom Vorratslager, durch Fremdbezug oder durch Fertigung im eigenen Betrieb geschehen. Beim Bezug von Rohstoffen muß der Einkauf die vom Betrieb verlangten Materialarten und -mengen ggfs. noch entsprechend den handelsüblichen Bezeichnungen, Mengeneinheiten und Auftragsgrößen umwandeln.

Bei kompliziertem Produktaufbau und vielstufiger Fertigung wird die Schreib- und Rechenarbeit unvorstellbar groß und läßt sich manuell nicht mehr in befriedigender Weise bewältigen. "Die manuelle Zusammenstellung der Stücklisten versagt vollends, wenn die Zusammensetzung des Absatzplanes sich häufig ändert (Neuaufträge, Umbestellungen auf andere Typen, Stornierungen), so daß die Teilebedarfsanforderung jeweils neu und möglichst kurzfristig dem neuen Absatzplan angepaßt werden muß. Das ist aber in den Betrieben, bei denen Verflechtungen im Teile-Einsatz eine große Rolle spielen, zumeist der Fall." [2] Behilft man sich mit Schätzungen anstelle von direkter rechnerischer Ableitung aus dem Absatzplan mit seinen Schwankungen in Menge und Zusammensetzung, so sind da überhöhte Lager, dort Mangel an Material mit all den damit verbundenen Kosten die Folge. Wie immer, wenn es sich um die rasche Verarbeitung großer Zahlenmengen nach einem im Grunde einfachen Verfahren handelt, können hier kon-

---

1) Solche Teile werden in einem der Montage vorgeschalteten Prozeß durchlaufender Stoffverwertung hergestellt. J. BRACHT, a.a.O., beschreibt die Materialmengenermittlung am Beispiel der Gesenkschmiede (S. 122) und Eisengießerei (S. 154 f.); K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, S. 245 ff. für ein Stanzteil.

2) U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 79.

ventionelle und insbesondere elektronische Datenverarbeitung vorteilhaft eingesetzt werden [1]. Sie ermöglichen auch die schnelle Auswertung der einmal gespeicherten Daten nach anderen Zielsetzungen.
Insbesondere läßt sich maschinell durch Umsortieren der Stücklisten nach den einzelnen Sachnummern ein Teileverwendungsnachweis erstellen, aus dem zu ersehen ist, in welchen übergeordneten Gruppen bzw. Enderzeugnissen ein Teil vorkommt. Dieses Wissen ist einmal wertvoll bei der Konstruktionsarbeit: für neue Konstruktionen sollen soweit möglich bereits verwendete Teile berücksichtigt werden; zum andern für die Beurteilung von beabsichtigten Konstruktionsänderungen: der Teileverwendungsnachweis zeigt, in welchen Baugruppen und Enderzeugnissen sich die Änderung auswirkt. Bevor die Fertigungsvorbereitung zustimmen und gleichzeitig den Geltungsstichtag einer Änderung festsetzen kann, braucht sie weitere Informationen über Menge und Wert eines eventuell noch vorhandenen Lagerbestands, der in der Fertigung oder bei Lieferanten ausgelösten, nicht mehr rückgängig zu machenden Aufträge, sowie über den Verfügbarkeitszeitpunkt der geänderten Teile bzw. bei Eigenfertigung der zu ihrer Herstellung notwendigen Betriebsmittel.

Gegenüber durchlaufender und analytischer Stoffverwertung finden wir bei synthetisch-mechanischer Fertigung noch zwei Besonderheiten im Zusammenhang mit der Materialbereitstellung:

---

1) Zur Aufstellung der Matrix, die der Bedarfsrechnung zugrundeliegt, vgl. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 81 - 89.
B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung für Klein- und Mittelbetriebe, Freiburg 1966, S. 180 - 186 beschreibt die Kombination von Materialbedarfsrechnung und Lagerdisposition mit Hilfe von elektronischen Kleinrechenanlagen für eine Kleinserienfertigung im Werkstättensystem. Zum Rechenverfahren vgl. auch die Schriften der IBM Deutschland: Stücklistenorganisation mit Lochkarten, o.J., IBM Form 70 062-1 und Einführungsschrift IBM-Stücklistenprozessor, 1966, IBM Form 71 454-0. Am Beispiel einer konkreten Fertigung wird u.a. die Stücklisten-Auflösung beschrieben in: Die Fertigungssteuerung bei der IBM Deutschland, 1965, IBM Form 71 416-0, S. 34 ff.

Nur bei diesem - allerdings sehr bedeutenden - Kreis industrieller Betriebe ist die Frage zu beantworten, um wieviel die Bedarfsmengen für die laufende Fertigung erhöht werden müssen, damit auch nach Auslaufen einer Serie noch ausreichend Ersatzteile zur Verfügung stehen [1].
Außerdem steht die Fertigung bei synthetisch-mechanischer Fertigung mit ihren oft in die Tausende gehenden Teilen am häufigsten vor der Entscheidung: Eigenfertigung oder Fremdbezug? [2] Auch wenn die zweite Alternative gewählt wurde, gibt es gelegentlich Gründe, dem Zulieferer wichtige der zur Teilefertigung benötigten Materialien selbst zu beschaffen.

I n z u s a m m e n b a u e n d e n Industrien entschließt man sich zur Herstellung eines bestimmten Produkts bzw. einer Produktgruppe und sucht zur Herstellung nach den kostengünstigsten Verfahren und Ausgangsmaterialien. Entspricht das Erzeugnis nicht mehr den Marktanforderungen, kann - wenn auch oft nur mit beträchtlichem Aufwand - ein anderes Produkt entwickelt und hergestellt werden. Dabei sind Änderungen in der Beschaffung der manchmal in die Tausende gehenden Ausgangsstoffe aus den verschiedensten Vorindustrien gegenüber Verfahrens- oder Finanzierungsfragen das geringere Problem.
Anders bei z e r l e g e n d e n Industrien: Die Produktionsapparatur ist auf die Verarbeitung des einmal gewählten Rohstoffs in ihrer Gesamtheit als Einzweckanlage ausgerichtet. Das hat einen

---

1) Die Höhe des künftigen Ersatzteilbedarfs und damit der Bedarf an Fertigungskapazität ist abhängig von der Absatzentwicklung und der durchschnittlichen Lebensdauer der Aggregate. Vgl. dazu G. RIEMSCHNEIDER, Das Ersatzteilwesen als betriebswirtschaftliche Aufgabe, in: ZfhF 1963, insbes. S. 114 f.

2) Zu den zweckmäßigsten Entscheidungskriterien vgl. A. G. COENENBERG, Möglichkeiten des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug von Vorratsgütern, in: ZfB 1967, S. 268 - 284.
Zum Für und Wider dieser Frage vgl. auch E. FEUERBAUM, Die Zubringer- und die Montageindustrie, Berlin 1956, insbes. S. 102-106. Mathematische Modelle zur kurzfristigen Optimierung des Verhältnisses von Eigenfertigung zu Fremdbezug zeigt U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 46 - 57.

ständigen Druck der Produktion auf den Absatz zur Folge, der mit allen ihm zu Gebote stehenden Mitteln versuchen muß, das einmal durch Rohstoff und Apparatur gegebene Produkt zu verkaufen. Rückwirkungen des Marktes, die zu geänderten Produkten und damit zu einer anderen Materialbasis führen, sind hier kaum denkbar; sie würden den Abbau der gesamten Produktionsanlage und wegen der Rohstoffgebundenheit unter Umständen gar einen Standortwechsel bedeuten [1].

Die Bereitstellung der Fertigungsstoffe bei c h e m i s c h e n Industrien kann durch drei Ausgangssituationen gekennzeichnet sein [2]:

(1) Der wichtigste Rohstoff ist gegeben; es gilt, ihn optimal auszunutzen. Solche Industrien, deren Standort vielfach nach dem Vorkommen naturgegebener Rohstoffe gewählt wurde, sind in der Sicherstellung ihres Materialnachschubs kaum auf fremde Unternehmungen angewiesen - ihre Probleme liegen auf der Absatzseite, ggfs. auch im Fertigungsbereich, wenn die Ausbeute des Rohstoffs nicht befriedigt. (2) Gefordert sind chemische Erzeugnisse genau bestimmter Art. In der Wahl der Ausgangsmaterialien besteht insofern Freiheit, als sie nur die chemischen Elemente des Endprodukts - gleichgültig in welcher Bindungsform - zu enthalten brauchen. Die Entscheidung für ein bestimmtes Material bedeutet allerdings zugleich die Entscheidung für ein bestimmtes Verfahren. Das gilt ebenso umgekehrt. (3) Produktionsziel ist ein seiner Natur nach nicht eindeutig festgelegtes Erzeugnis, das einen bestimmten Zweck erfüllen soll. Beispiele dafür sind alle Produkte mit dem Gattungsnamen "-mittel" wie Arznei-, Wasch-, Anstrichmittel und dgl. Hier besteht in der Wahl der Ausgangsstoffe, die infolge schnell fortschreitender Entwicklung häufig wechseln, die vergleichsweise größte Freiheit.

---

1) Zu diesem unterschiedlichen Verhältnis von Absatz und Produktion (und damit auch zur Beschaffung) vgl. E. SCHÄFER, Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, a.a.O., S. 543 ff.

2) Vgl. H. HOPPMANN, Die rationelle Gestaltung der chemisch-technischen Produktion, Berlin 1934, S. 26 ff. und E. SCHÄFER, Der Industriebetrieb, a.a.O., S. 52 f.

In jedem Fall ist für die Materialbereitstellung oberstes Gebot die Sicherung der Produktion. Der Grund dafür liegt weniger darin, daß nicht eingehaltene Liefertermine die Kunden verärgern, als in den erheblichen Anlaufschwierigkeiten und -kosten, die mit dem Wiederanfahren einer chemischen Produktionsapparatur verbunden sind.

Aus Gründen der Transportkostenersparnis, weniger unter dem Gesichtspunkt der Produktionssicherung kann sich für flüssige und gasförmige Ausgangsstoffe die straffste Form fertigungssynchroner Anlieferung, nämlich der Bezug durch Pipelines empfehlen [1]. Voraussetzung für die annähernd fertigungssynchrone Anlieferung auch von festen Stoffen ist genaues Errechnen der verarbeitbaren Materialmengen pro Zeiteinheit. Die von den Gesetzmäßigkeiten chemischer Stoffumwandlung bestimmten Zusammenhänge zwischen dem Einsatz an Rohstoffen und Energien einerseits und der Ausbeute an Reaktionsprodukten nach Art und Menge andererseits kommen in sog. Material- und Energiebilanzen zum Ausdruck [2]. Die endgültigen Fertigungsvorschriften, insbesondere auch für synthetische Prozesse, sind dann in 'Rezepten' oder neutraler: 'Erzeugungsvorschriften' [3] zusammengefaßt. Aus ihnen läßt sich retrograd - auf einfachere Weise als aus den Stücklisten synthetisch-mechanischer Fertigung - entsprechend der geplanten Erzeugnismenge pro Periode auf die benötigten Einsatzmengen schließen, denen nur Zuschläge für Stoffverluste (in Form von Staub, Nebeln oder Dämpfen) und Fehlprodukte zugerechnet werden müßten, um Brutto-Bedarfsmengen zu erhalten. Die meist geringe Zahl entsprechend wichtiger Ausgangsstoffe, kein oder nur seltener Produktwechsel, eine - wenn überhaupt vorhandene - weit zum Ende des Erzeu-

---

1) Vgl. Betriebswirtschaftlicher Ausschuß der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.), a.a.O., S. 88.

2) Vgl. H. KÖLBEL / J. SCHULZE, a.a.O., S. 60 ff.

3) Vgl. REDDEWIG / DUBBERKE, a.a.O., S. 67 ff.

gungsprozesses hin verschobene Sortenweiche [1]: das dürften die Hauptgründe dafür sein, daß in der mit Rezepten arbeitenden Industrie die pauschale Lagerergänzung, wie wir sie bei den Hilfs- und Betriebsstoffen als Regel fanden, einer genauen rechnerischen Verbindung von Fertigungsprogramm und Materialbeschaffung in der Regel vorgezogen wird. Zwar kann auf lange Sicht nicht unabhängig vom durchschnittlichen Verbrauch der Fertigung an Einsatzstoffen beschafft werden und kurzfristig erfordert das beabsichtigte Fertigungsprogramm einen entsprechenden Mindestbestand. Doch dazwischen bleibt ein verhältnismäßig großer Entscheidungsspielraum, innerhalb dessen die schon erwähnten Einflußgrößen der Beschaffungs- und Absatzseite dafür maßgebend sind, ob der Fertigungsbedarf durch Bestandsabbau zu decken ist, ob nur entsprechend dem laufenden Bedarf beschafft werden oder darüber hinaus der Lagerbestand noch erhöht werden soll. In der organisatorischen Durchführung sind dementsprechend die vom Lager an den Einkauf gehenden Anforderungen auch nicht nach internen Aufträgen gegliedert, wenn man von ausgesprochenen Sonderfertigungen absieht.

Nicht nur die aufspaltenden chemischen Prozesse, auch synthetische Reaktionen führen infolge der mannigfachen Verbindungsmöglichkeiten und der wirtschaftlichen Notwendigkeit, nicht reine Naturrohstoffe einzusetzen, zwangsläufig zu verschiedenartigen Erzeugnissen, also zu Kuppelproduktion [2]. Die Ausbeute des gewünschten Endprodukts ist dabei oft sehr gering, bei der Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren z.B. nur 13 - 15 % des Rohstoffeinsatzes [3]. Vielfach ist es technisch möglich und wirtschaftlich vorteilhaft, die nicht umgesetzten Rohstoffe nach Abtrennung von den gewünschten Reaktionsprodukten erneut in den Prozeß einzusetzen. "Derartige Kreisläufe von Rohstoffen, Hilfsstoffen (z.B. Lösungsmitteln) und Energien sind für viele chemische Prozesse geradezu charakteristisch".[4]

---

1) Zum Begriff vgl. Seite 50 der Arbeit.

2) Vgl. P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien..., a.a.O., S. 429.

3) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 388.

4) P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien..., a.a.O., S. 429.

Abfälle einer sich an die chemische Reaktion anschließenden Bearbeitung des erstarrten Produkts lassen sich in der Regel wieder der Schmelze zusetzen; in der Glashütte z.B. ist ein Anteil Glasscherben zur Schmelzerleichterung sogar erwünscht [1].
Der teilweise Materialkreislauf kann in der Materialbereitstellung verhältnismäßig einfach berücksichtigt werden, da infolge der Gesetzmäßigkeit chemischer Prozesse der Anteil nichtausgenutzter Stoffe bekannt ist und bei gleichen Verfahrensbedingungen auch konstant bleibt. Die Abfallquoten einer sich eventuell anschließenden mechanischen Bearbeitung sind aus Erfahrung ebenfalls bekannt. An neuen Stoffen und Energien muß nur soviel zugeführt werden, wie tatsächlich für die Reaktion verbraucht oder als Rückstand vielleicht noch für andere Zwecke verwendet [2], jedoch nicht mehr in das Verfahren zurückgegeben werden kann.
Kuppelproduktion weist noch eine weitere Besonderheit in der Materialwirtschaft auf: Neue Verbrauchsrichtungen beim Kunden oder geänderte Beschaffungspreise können Anlaß sein, innerhalb der Elastizitätsschranken des Verfahrens neue optimale Materialmischungen zu suchen. Hier liegt ein fruchtbares Anwendungsgebiet für 'Operations Research', wenn es z.B. darum geht, die Ausbeute einer Ölraffinerie zugunsten der besser absetzbaren Kuppelprodukte zu verschieben oder bei der Beschickung eines Hochofens aus 60 bis 70 verschiedenen Erzsorten die billigste Mischung der technisch notwendigen Substanzen zu wählen und gleichzeitig bestehende Lieferverträge u.ä. Nebenbedingungen zu berücksichtigen [3].

d) Fertigungsart und Fertigungssystem

Bei den schon behandelten Kriterien ergab sich manche Aussage, die aus der Unterscheidung nach dem Grad der Verwirklichung des Massenprinzips (Fertigungsart) oder dem eng damit verwandten Kriterium

---

1) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 780.

2) Vgl. H. HOPPMANN, a.a.O., S. 39 f.

3) Vgl. dazu W. KRELLE, Überblick über die Problemgruppen der Unternehmensforschung und den Stand der Anwendung, in: ZfhF 1961, S. 347.

des Fertigungssystems ebenfalls ableitbar wäre. Wir können uns daher auf die Schlüsse beschränken, welche diese beiden Differenzierungen noch zusätzlich ermöglichen [1].

Einmalige E i n z e l fertigung im strengen Wortsinn müßte bedeuten: alle Materialien können erst nach Erteilung des Auftrages beschafft werden. Nun dürfte es aber in der Praxis keinen Betrieb geben, der nicht ein einziges der bei früheren Aufträgen schon verwendeten Materialien erneut einsetzen könnte. Zumindest Betriebsstoffe und die meisten Hilfsstoffe werden immer wieder gebraucht, also aus schon genannten Gründen auf Vorrat gehalten. Das gleiche gilt, wenn nach ihrer Gestalt durchaus individuelle Produkte aus nur einem oder wenigen und daher in entsprechenden Mengen benötigten Ausgangsstoffen entstehen, so z.B. beim Sandguß; oder bei einer wechselnden Montage nach dem Baukastenprinzip hinsichtlich aller genormten, mehrfach verwendbaren Teile, insbesondere, wenn sie einen geringen Wert haben und nicht viel Lagerraum beanspruchen. Die Unsicherheiten einer Vorratshaltung bei Einzelfertigung werden weiterhin dann in Kauf genommen, wenn ohne sie der vom Kunden und der Konkurrenzsituation verlangte Liefertermin nicht einzuhalten oder überhaupt die Beschaffung einzelner Materialien nicht zu jedem gewünschten Zeitpunkt möglich ist.
Bei Einzelfertigung bestimmt somit das Ausmaß der Individualität der Erzeugnisse - gemessen an der Materialzusammensetzung, nicht der äußeren Gestaltung -, welche Stoffe erst gemäß Kundenauftrag und welche auf Vorrat beschafft werden. Außer dem Risiko, ein spezielles Material für spätere Aufträge nicht mehr verwenden zu können, spricht auch hoher Wert oder Sperrigkeit für eine Beschaffung nur gerade in der für die vorliegenden Aufträge notwendigen Höhe.

---

1) Vgl. u.a. E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 102 - 105.
Über den Einfluß der Fertigungsart auf Beschaffungsweg, Zahl der Lieferanten, Beschaffungsmenge und -zeit, sowie den Umfang der Materiallager vgl. H. SCHWARZ, Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg i.Br. 1959, S. 84 ff.

Bei Erzeugnissen synthetisch-mechanischer Fertigung wird der Bedarf an Hand von Stücklisten ermittelt, die von vornherein auch auftragsabhängige Daten enthalten können. Soweit Fertigungsstoffe auf Lager genommen werden, sind deren Bestände in der Regel höher als bei Massenfertigung gleicher Kapazität, da der künftige Verbrauch nach Höhe und Zeitpunkt weniger genau überblickbar ist. "So ergibt sich, daß die Einzelfertigung gegenüber der Massenherstellung je nach Art des Materials sowohl extrem niedrige wie auch extrem hohe Lagervorräte verlangen kann." [1]
Vereinheitlichende Produktgestaltung wirkt sich bei Einzelfertigung auf die Materialwirtschaft besonders positiv aus [2]. "Teures Material in kleinen Mengen vom Lager genommen ist viel billiger, als billiges Material in kleinen Mengen bestellen, vereinnahmen und abrechnen. Findet man nach dieser Richtlinie keine Lösung, so sollte unbedingt Handelsmaterial vorgesehen werden." [3] Beschaffungsschwierigkeiten können gerade hier auch zu kurzfristigen Konstruktionsänderungen zwingen, wenn sich ohne Ausweichen auf schneller greifbares Material der zugesagte Liefertermin nicht einhalten läßt. Es ist zweckmäßig, solche Ausweichmaterialien schon von vornherein in den Werksnormen festzuhalten, um bei der Bereitstellung Rückfragen zu vermeiden [4].
Geschieht die Einzelfertigung in W e r k s t ä t t e n , laufen oft mehrere verwandte Aufträge nebeneinander her. Bei einer Störung im Zufluß nicht allgemein benötigten Materials verbleibt daher meist der Ausweg, Menschen und Maschinen durch Umbesetzungen weiterhin produktiv zu beschäftigen. Die Folgen solcher Störungen: erhöhte Kosten durch Umstellungen, Kapitalbindung in den halbfertigen Er-

---

1) E. SUNDHOFF, a.a.O., S. 116.

2) Vgl. dazu S. 53 f. und 58 der Arbeit.

3) L. LACHER, Arbeitsvorbereitung, Beitrag im Betriebsleiterhandbuch, München 1963, S. 317.

4) Vgl. L. LACHER, a.a.O., S. 372.

zeugnissen, Überschreiten des Liefertermins u.a.m. sind schon ärgerlich genug. Doch mit der Montage von im Verhältnis zum umgebenden Raum sehr großen Erzeugnissen zu beginnen, bevor die gesamte Materialbereitstellung gesichert ist, führt in der Regel zu noch größeren Schwierigkeiten: das halbfertige Produkt dieser 'i n n e r e n B a u s t e l l e n f e r t i g u n g ' versperrt den Platz für die folgenden Montagen, was den schon genannten Nachteilen noch Terminnöte bei den späteren Aufträgen hinzufügt. Bei Werkstätten- und innerer Baustellenfertigung holt sich die Fertigung das benötigte Material gewöhnlich selbst an der Ausgabe eines zentralen Lagers. Gibt die Fertigungsvorbereitung nur die Entnahmescheine bzw. -karten für die nächsten vorgesehenen Aufträge aus, so kann sie dadurch über das Material die Produktionsfolge steuern [1].
Im Gegensatz zum geschilderten 'Holsystem', wo nur für Kleinteile Handlager eingerichtet sind [2], muß bei ' ä u ß e r e r B a u s t e l l e n fertigung' zunächst an die Lagerplätze der Baustelle oder sofort an den Verbrauchsort angeliefert werden. Wie genau diese Anfuhr nach Menge und Zeitpunkt zu regeln ist, hängt vor allem davon ab, wieviel Lagerplatz zur Verfügung steht. In der Versorgung einer City-Baustelle ist ein Kompromiß zu finden zwischen laufender Anfuhr relativ kleiner Mengen - um dem Prinzip lagerloser Bereitstellung möglichst nahezukommen - und dem Bestreben, möglichst die verkehrsarmen Zeiten zur Materialanlieferung zu nutzen.

"Bei Serienfertigung konkurrieren die Prinzipien der minimalen Kapitalbindung durch Werkstoffe und der Vermeidung von Zwischenlagerkosten mit dem Prinzip der vollständigen Kapazitätsausnutzung auffälliger als bei Einzelfertigung". [3] Fertigungssynchrone Anlieferung brächte diese Forderungen am ehesten unter einen Hut. Sie läßt sich durchführen, wenn Produktarten und -mengen, sowie die Zeitpunkte des jeweiligen Fertigungsbeginns genau bekannt bzw. planbar sind.

---

1) Zu diesem Grundsatz der 'auftragsgebundenen Materialwirtschaft' vgl. J. BRACHT, a.a.O., S. 52 f. und D. HINSEL, a.a.O., S. 85 f.

2) Vgl. E. GROCHLA, a.a.O., S. 57.

3) K.F. BUSSMANN, Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben als Funktion der Fertigungstypen, a.a.O., S. 73.

Nun sahen wir schon bei Betrachtung der Einzelfertigung, daß nicht nur Hilfs- und Betriebsmaterial, sondern unter bestimmten Voraussetzungen auch Fertigungsstoffe bestellt werden, ohne daß ein Kundenauftrag zugrundeliegt. Was dort mehr Ausnahme war, stellt bei der Erzeugung in kleineren S e r i e n oder S o r t e n die Regel dar. Die wichtigsten Gründe dafür sind: einer bzw. wenige Kundenaufträge mit bestimmtem Liefertermin werden zu einer optimalen Fertigungslosgröße 'aufgefüllt' oder - als wesentlichste der bei der Einzelfertigung schon erwähnten Ursachen - Materialbeschaffung und Fertigung dauern länger als die vom Kunden zugestandene Lieferzeit, so daß bei Auftragseingang das 'Engpaßmaterial' schon bestellt oder gar mit der Fertigung begonnen sein sollte.
Die Schwierigkeiten in der Ermittlung des Bedarfs an Fertigungsstoffen liegen weniger in der einheitsbezogenen Errechnung - insbesondere durch Stücklistenauflösung -, als im richtigen Abschätzen der bis zur jeweiligen Losauflegung noch eingehenden Kundenaufträge. Traf die Schätzung zu, können alle bis Produktionsbeginn erhaltenen Aufträge einer Art in einem Los erfüllt, die Fertigungsstoffe möglichst fertigungssynchron angeliefert und ohne wesentliche Restbestände verarbeitet werden. Bleibt aber der tatsächliche Auftragseingang hinter den der Materialbestimmung zugrunde gelegten Zahlen zurück und kommt eine Fertigung auf Lager wegen des damit verbundenen Risikos, aus Platzmangel oder anderen Gründen nicht in Frage, so muß das zuviel disponierte Material als Vorrat gelagert werden, der Kosten verursacht und dessen spätere Verwendbarkeit unsicher ist. Übertrifft dagegen der tatsächliche Auftragseingang die Voraussage und sind kurzfristige Nachbestellungen von Fertigungsstoffen nicht möglich, so bleibt ein Teil der Kunden unbeliefert. Eine spätere Auftragserfüllung ist für sie oft uninteressant und zudem in der Fertigung wegen der erneuten Umstellungen bei kleiner Losgröße unwirtschaftlich.
Das Problem richtiger Eindeckung mit Material ist umso schwieriger zu lösen, je auftragsspezieller die Verwendbarkeit eines Fertigungsstoffes eingeengt ist und je mehr Zeit zwischen Materialbestellung

und Kundenauftragseingang liegt. Besonders deutlich wird das bei der Herstellung modischer Textilien [1]: Hier wird in der Regel den Kunden zweimal jährlich eine Kollektion vorgestellt, deren Artikel jeweils möglichst in einem Los gefertigt, also nicht wieder aufgelegt werden. Die Arbeitsgänge und -folgen ähneln sich weitgehend, die Unterschiede liegen in der Form und - was hier interessiert - in der Materialvielfalt nach Qualität, Farbe, Muster, Garnstärke u.a. m. Bevor auch nur ein Kunde die Kollektion gesehen hat, erwarten die Materiallieferanten oft schon nach Art und Menge grob gegliederte 'en bloc'-Aufträge, damit sie ihrerseits rechtzeitig disponieren können. Die Materialbestellungen werden dann so spät wie möglich entsprechend den eingegangenen Aufträgen differenziert - mit zunehmendem Saisonfortschritt wird also das Fertigungsprogramm auftragsorientierter und damit weniger risikoreich. Bereits zu einem früheren Zeitpunkt sind genauere Vorhersagen pro Artikel dann möglich, wenn die bedeutendsten Kunden oder ein repräsentativer Querschnitt zuerst bestellen und aus dem kumulierten Auftragseingang die Verkaufstendenz hochgerechnet wird. Eine Unternehmung mit starker Marktstellung kann umgekehrt ihre beabsichtigten Artikel- und damit Materialbedarfsmengen auch dadurch zu erreichen suchen, daß sie über Erwarten gut zu verkaufende Artikel weniger wichtigen Kunden gar nicht mehr zeigt und dafür solche, die 'Lagerhüter' zu werden drohen, entsprechend anpreist.

G r o ß s e r i e n - oder M a s s e n fertigung im F l i e ß - system, gleichgültig ob es sich aus der Natur der Einsatzstoffe und der Zwangsläufigkeit der Verfahren von selbst anbietet oder erst organisatorisch geschaffen werden muß, ermöglicht und fordert die genaueste Ermittlung des Bedarfs an Fertigungsstoffen: 'ermöglicht',

---

1) Eine im praktischen Einsatz erprobte Lösungshilfe durch den Einsatz von Elektronenrechnern beschreibt IBM Deutschland, Fertigungsplanungs- und Steuerungsverfahren für Serienerzeugnisse mit Saisoncharakter, IBM Form 80 607.

weil das Fertigungsprogramm langfristig festliegt und 'fordert', weil in einer sparsamen Materialwirtschaft angesichts des großen Ausstoßes einer Großserien- oder Massenfertigung ein entscheidender Faktor ihrer Wirtschaftlichkeit liegt.

Fließende Fertigung mit ihrem stark spezialisierten Ablauf kann nur aufgenommen werden, wenn man innerhalb eines in seiner Dauer von der Kapitalintensität der Produktion abhängigen Zeitraums mit einem bestimmten Mindestabsatz rechnen kann. Bleibt die tatsächliche Nachfrage hinter den Zahlen der langfristigen Planung zurück, wird zunächst auf Lager gearbeitet - Lagerfähigkeit des Produkts vorausgesetzt. Eine wesentliche Drosselung der Produktion läßt sich wirtschaftlich vertretbar bei organisierter Fließfertigung vor allem durch Kürzung der Beschäftigungsdauer erreichen, während man sich bei nicht beliebig unterbrechbarer natürlicher Fließfertigung mit einer im Ergebnis weniger spürbaren intensitätsmäßigen Anpassung begnügen muß [1]. Auf besser absetzbare Erzeugnisse kann kurzfristig in keinem Fall ausgewichen werden. Für die Materialwirtschaft bedeutet das: sie hat auf kurze Sicht zwar je nach den Umständen weniger oder auch mehr als die ursprünglich errechneten Stoffmengen, aber nie andere Materialarten als bisher bereitzustellen.

Der hohe Ausstoß einer Großserien- oder Massenfertigung im Fließsystem macht eine sehr genaue Ermittlung der Mengen aller Fertigungsstoffe pro erzeugter Einheit lohnend. Produktgestaltung und Verfahrensfolge können intensiver als bei Individualfertigung durchdacht und immer wieder verbessert werden; auch minimale Materialeinsparungen pro Einheit machen sich aufs ganze gesehen sehr vorteilhaft bemerkbar. Allerdings kann die Erhöhung der Leistungsintensität durch fließende Fertigung bei mechanischer Technologie neben standfesteren Betriebsmitteln auch höherwertige und damit teurere Fertigungsstoffe

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 44 und 113 ff.

zur Voraussetzung haben [1]. Andrerseits wirkt sich das wieder günstig auf die Ausschußquote aus, die hier sowieso schon - von der Anlaufzeit abgesehen - vergleichsweise gering ist; u.a. auch deshalb, weil Fehler wegen der sofortigen Weitergabe des einzelnen Zwischenprodukts entdeckt werden, bevor größere Mengen angefallen sind, wie das bei losweisem Transport von Werkstatt zu Werkstatt geschehen kann [2].
Soll die Anlieferung des Materials fertigungssynchron erfolgen, so sind zum Produktionsbedarf einer Programmperiode [3] auch die Mengen zu addieren, die sich während dieser Zeit durchschnittlich auf dem Weg zwischen Zulieferer und Montageende befinden. Dieser sog. Float [4] umfaßt auch die Sicherheits- und Ersatzbestände im Betrieb; er muß von Monat zu Monat unter Berücksichtigung der seitherigen Erfahrungen und eventueller Änderungen im Fertigungsablauf berichtigt werden.

Woran es bei Individualfertigung mangelt: dem über lange Zeit gleichbleibenden Fertigungsablauf, bei einer Erzeugung im Fließsystem ist er gegeben und entsprechend läßt sich die laufende Bereitstellung des einmal errechneten Materialbedarfs in richtigen Teilmengen, zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort im voraus genau planen. Der "Grundsatz der lagerlosen Sofortverwendung" [5] wird bei Fertigungsstoffen [6] nur durchbrochen, wenn beschaffungspolitische Gesichtspunkte [7] schwerer wiegen als die eigentlichen Produktionsbedürfnisse. Das ist insbesondere bei den sog. Prozeßbetrieben der Fall,

---

1) Vgl. E. SCHÄFER, Die Unternehmung, a.a.O., S. 219 und 290.

2) Vgl. D. HINSEL, a.a.O., S. 158.

3) G. NOWAK, a.a.O., S. 117 ff. zeigt die Errechnung am Beispiel der Automobilindustrie.

4) Vgl. B. HARTMANN, Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, a.a.O., S. 169 f.

5) E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Band 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 188.

6) Hilfs- und Betriebsstoffe werden auch hier meist ohne unmittelbare Abhängigkeit von der Fertigung auf Lager gehalten.

7) Vgl. dazu Seite 104 ff. der Arbeit.

deren für eine bestimmte Fertigungsperiode ausreichenden, meist naturnahen Einsatzstoffe sich auch raum- und kostensparender lagern lassen als die den gleichen Zeitraum deckenden Ausgangsmaterialien einer synthetisch-mechanischen Fließfertigung, die in starkem Maße bereits fertige Teile bezieht.
Bei letzterer ist die Zusammenarbeit mit den Zulieferern am engsten gestaltet. Rahmen- oder Sukzessivlieferungsverträge [1], vom Einkauf auf Grund des Produktionsplanes abgeschlossen, enthalten je nach der Überschaubarkeit der Planperiode Abmachungen über das zu liefernde Material, seine Gesamtmenge, eventuell auch über Preise und ungefähre Abruftermine. Welche Mengen in welchen Intervallen dem Zulieferer innerhalb dieser Verträge genannt werden, richtet sich nach der täglich gebrauchten Menge eines Teiles und nach ihrem Platzbedarf im Verhältnis zu den Transportmitteln und den Lagermöglichkeiten beim Bezieher und Lieferanten. Wie lange vor Fertigungsbeginn die genauen Abrufmengen bekannt sind, ist nicht zuletzt davon abhängig, ob die Kunden des belieferten Unternehmens noch Einfluß auf das Produkt nehmen können (wie beim Auto) oder nicht (wie bei Elektrogeräten für den Haushalt). Eine wirkliche Kostenersparnis durch fertigungs-synchrone Anlieferung wird sich nur ergeben, wenn die Lagerhaltung nicht einfach auf den Lieferanten abgewälzt wird, sondern dieser dank der langfristig gültigen Abmachungen und der Größe des Auftrags im gleichen Rhythmus wie sein Abnehmer fertigen kann [2]. Oft werden die Lieferanten durch hohe Vertragsstrafen zu pünktlicher und zuverlässiger Lieferung angehalten. Die Empfindlichkeit einer zwangsgeregelten Fließfertigung gegenüber jeder Verzögerung in der Materialzufuhr - im Ausmaß eines Taktes führt sie bereits zum Ausfall eines ganzen Produkts - macht dennoch Sicherheitsbestände notwendig. Im Verhältnis zum gesamten Materialverbrauch können sie klein gehalten werden, müssen aber selbst bei vereinbarten Konventional-

---

1) Zur Unterscheidung der verschiedenen Vertragstypen vgl. REDDEWIG/DUBBERKE, a.a.O., S. 111 ff.

2) Vgl. E. GROCHLA, a.a.O., S. 23 f. und E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Band 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 188 f.

strafen mindestens den vertraglich nicht gesicherten Fall höherer Gewalt decken. Das gilt auch für Verpackungs- und Versandmaterial, da sonst die Produktion von ihrem Ende her ins Stocken kommt.

VI. Festlegung des örtlichen Fertigungsablaufs

1. Bestimmungsgründe für Fertigungsverfahren und -systeme

Struktur und Gestalt der Ausgangsstoffe (organisch - anorganisch; Stückgüter, geformte oder ungeformte Fließgüter), der gegenwärtige Stand der Fertigungstechnik (im Gewinnen, Aufbereiten, Umwandeln, Formgeben, Trennen und Zusammenfügen von Stoffen), sowie das herzustellende Erzeugnis nach Gestalt und geforderten Eigenschaften bestimmen die technologisch jeweils überhaupt möglichen Verfahren und Arbeitsgänge [1]. Die Entscheidung darüber ist in Betrieben, die ihre Produktion auf die Verarbeitung eines bestimmten Materials oder auf bestimmte Bedarfsträger bzw. -arten ausrichten, öfter und innerhalb weiter gestreuter Alternativen zu treffen, als bei einer verfahrensorientierten Produktion.
"Arbeitsplanung" [2] wie "Arbeitsfolgeplanung" [3] sind damit zunächst eine rein technische Aufgabe. Da es aber selten nur einen einzigen technologischen Weg zur Erreichung eines bestimmten Produktionszieles gibt, müssen über das jeweils angemessenste Verfahren wirtschaftliche Kriterien entscheiden: Welche Mengen des Produkts können unverändert über welchen Zeitraum erzeugt bzw. abgesetzt werden [4]?

---

1) Vgl. dazu P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 27.

2) K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, a.a.O., S. 225.

3) Ebenda, S. 234. In der anglo-amerikanischen Literatur wird der hier erörterte Aufgabenkreis als 'operation and sequence study' gekennzeichnet. Vgl. G. B. CARSON (Hrsg.), Production Handbook, New York 1958, 2. Aufl. 1959, S. 2.10.

4) Das Problem, zur Herstellung verschiedener Produkte die kostengünstigste Verfahrenskombination zu suchen, wird noch erweitert, wenn nicht von einer fixierten Absatzmenge auszugehen ist. Sind Mindest- und Höchstmengen für jedes Produkt festgelegt, darf innerhalb dieser Spielräume die Mengenzusammensetzung so bestimmt werden, daß sich bei gegebenen (oder zu beschaffenden) Produktionsanlagen die 'günstigste' Verfahrenskombination ergibt. Zu den mathematischen Planungsansätzen dieses Zuordnungsproblems, insbesondere auch zu den in Frage kommenden Zielkriterien der 'Günstigkeit' vgl. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 58 ff., insbes. S. 61-68. Über die Zusammenhänge von Losgröße und Verfahrenswahl innerhalb vorhandener Betriebsmittel (differenziert nach Vorrats- und Bestellfertigung) wie bei neu zu beschaffenden Produktionsanlagen vgl. auch H. OHSE, a.a.O., S. 325 - 358.

Muß Anpassungsfähigkeit an schwankendes Produktionsvolumen oder wechselnde Einsatzstoffe verlangt werden? Welche Arbeitskräfte und Betriebsmittel sind verfügbar? Muß eine bestimmte Fertigungsdauer eingehalten werden? Setzen die finanziellen Möglichkeiten Schranken?

Bei solchen Wirtschaftlichkeitsvergleichen wird auf die vorhandenen Betriebsmittel um so weniger Rücksicht genommen, je langfristiger hohe gleichartige Beschäftigung der Fertigung gesichert scheint. Umgekehrt muß bei einem relativ kleinen Kundenauftrag vor dessen Annahme geprüft werden, ob er mit den vorhandenen personellen und sachlichen Kräften überhaupt ausführbar ist. Hoher gleichbleibender Ausstoß erlaubt nicht nur technisch ergiebigere Verfahren, sondern u.U. auch die organisatorische Ausrichtung der Arbeitsstationen entsprechend dem Fertigungsfluß: bei chemischen Prozessen kontinuierliche statt chargenweiser Erzeugung, sofern die Reaktionsgeschwindigkeit ausreicht [1]; bei mechanischer Technologie Fließsystem anstelle einer Fertigung in Werkstätten.

Ein Wechsel im Fertigungssystem bedeutet eine entsprechend der tiefgreifenden Konsequenzen für Aufbau und Ablauf der Fertigung seltene und auf lange Sicht gedachte Entscheidung. Die nach der Fertigungsfolge des einen Erzeugnisses ausgerichteten Betriebsmittel sind jeder anderen Produktion entzogen. Da zunächst eigene Erfahrungen fehlen, wird die Beurteilung eines Systemwechsels durch überbetriebliche Verfahrensvergleiche innerhalb eines Industriezweiges erleichtert. Bei einem solchen Vergleich sollten betriebliche Besonderheiten wie Standort, Betriebsaufbau und dgl. eliminiert, die Verfahren also einander möglichst so gegenübergestellt werden, als ob sie im selben Betrieb angewendet würden. Wegen der Fülle der überwiegend technisch-mengenmäßigen Daten ist ein derartiger Vergleich ohne den Einsatz konventioneller oder automatisierter Datenverarbeitung kaum möglich [2].

---

1) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 25 f.

2) Vgl. dazu J. MATHIEU/DICKHUT/KAPS, Der standardisierte kalkulatorische Verfahrensvergleich und seine Durchführung mit Hilfe von Lochkarten, Köln und Opladen 1965.

Nun stellt jedoch die Festlegung von Verfahren und ihrer Folge innerhalb eines bisher schon angewandten Fertigungssystems den Normalfall dar. Der Betrieb besitzt damit eigene Erfahrungen und Vergleichsmaßstäbe. Wie unterscheidet sich die örtliche Ablaufplanung bei den einzelnen Fertigungssystemen?

2. Die produktindividuelle Arbeitsfolge bei Fertigungssystemen mit überwiegend mechanischer Technologie

In einer mechanischen Fertigung sind Konstruktionszeichnungen und Stücklisten der Ausgangspunkt für das Planen des örtlichen Fertigungsablaufs.
Die Wahl unter verschiedenen Formgebungsverfahren wird nach RIEBEL [1] im wesentlichen von fünf Gesichtspunkten bestimmt: der den Verfahren innewohnenden 'Formenwelt'; ihrer Fehlergeometrie; ihrer Auswirkung auf die Güte der Oberfläche und die Werkstoffeigenschaften; ihrer Eignung für die Bearbeitung bestimmter Werkstoffe und den jeweils erreichbaren Erzeugungsmengen. So sind - den Sandformguß ausgenommen - Verfahren total-momentaner Formgebung für die Fertigung großer Mengen besonders geeignet, während bei Einzel- und Kleinserienfertigung den punktuell-fortschreitenden Verfahren wesentlich größere Bedeutung zukommt [2]. Gerade wenn die Herstellung eines Erzeugnisses auf verschiedenen Wegen möglich ist, wird eine besonders enge Zusammenarbeit von Verfahrensplanung und Produktgestaltung notwendig, weil das angewandte Verfahren die konstruktive Lösung stark beeinflußt [3].

Eine Produktion im W e r k s t ä t t e n s y s t e m ist meist zugleich durch Einzel- und Kleinserienfertigung nach Kundenauftrag gekennzeichnet. Die Unsicherheit, weitere gleichartige Aufträge zu

---

1) P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 83-87.
2) Vgl. Seite 60 der Arbeit.
3) Vgl. auch die Beispiele bei H. OPITZ, a.a.O., S. 1709 - 1720.

erhalten, macht das Urteil über das geeignetste Verfahren so schwierig. Auch wenn sich viele Arbeitsabläufe ähneln, kommen Einzweckanlagen doch nicht in Betracht [1]. So sind in der Regel gegenüber einer Fertigung großer Mengen mehr Arbeitsgänge erforderlich [2], von denen allerdings in den schriftlichen Planungsergebnissen - Arbeitsfolgeplan und Arbeitsbegleitkarte [3] - nur die wichtigeren erscheinen, weil der Aufwand einer detaillierten Unterteilung wegen der verfügbaren Fachkräfte nicht unbedingt notwendig ist und angesichts der eventuell nur einmaligen Verwendbarkeit der Unterlagen in einem schlechten Verhältnis zum Nutzen stünde. Stets vollständig im voraus festzulegen sind die Prüfarbeiten, weil dazu die Kenntnis der Funktionen im Gesamtzusammenhang notwendig ist [4]. Wiederholt sich eine Fertigung, so wird im Laufe dieser Wiederholung die Arbeitsfolge verbessert und allgemein ein höherer Grad an Vorbereitung aufgebaut [5]. Dieser kann solange Anwendung finden, als der ihm zugrunde gelegte technische und organisatorische Zustand unverändert bleibt und jeweils gleiche Losgrößen aufgelegt werden bzw. deren Schwankungsbreite zu gering ist, um eine Abkehr von den ursprünglichen Verfahren zu verlangen.
Die häufig wechselnden Anforderungen der Einzelfertigung hinsichtlich Art und Ausführung der Werkstücke verlangen Universalmaschinen und geschulte Fachkräfte. Da nun die Belastung der einzelnen Arbeitsstationen wegen des häufigen Produktwechsels stark schwanken kann, ist es nahezu unumgänglich, die Belastungen mit Hilfe substituierbarer Verfahren auszugleichen, weil sonst die Gesamtkapazität nicht voll genutzt ist. Den verschiedenen Verfahren kommen gera-

---

1) Vgl. auch Seite 95 f. der Arbeit.

2) Vgl. L. LACHER, a.a.O., S. 293.

3) Zu deren äußerer Gestaltung, Inhalt und Funktion vgl. u.a. E. KÖHLER, a.a.O., S. 128 ff., Th. BESTE, Fertigungswirtschaft und Beschaffungswesen, a.a.O., S. 218 f., K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, a.a.O., S. 234 f., W. KALVERAM, Industriebetriebslehre, a.a.O., S. 291 und B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung..., a.a.O., S. 176.

4) Vgl. M. WRBA, a.a.O., S. 43.

5) Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 81.

de bei Einzelfertigung sehr verschiedene Kostenwerte zu. Drei Stufen zunehmend detaillierten Bestimmens lassen sich unterscheiden: (1) Im voraus werden nur die zur Wahl stehenden Verfahren und die austauschbaren Arbeitsfolgen angegeben [1]; endgültig legen erst die Werkstattleiter am Tage der Ausführung die Verfahren und deren Aufeinanderfolge entsprechend der augenblicklichen Maschinenbelastung fest. (2) Die Fertigungsvorbereitung bestimmt zwar eindeutig die Verfahrensfolge, aber nur nach Verfahrensgruppen [2]; erst innerhalb der betreffenden Werkstätten werden dann kurzfristig die Arbeiten den geeignetst erscheinenden bzw. freien Maschinen oder Arbeitsplätzen zugewiesen. (3) Die geeignetste Maschine für jeden Arbeitsgang wird der Werkstatt angegeben, zugleich eine Ersatzanlage, welche für den Arbeitsgang - wenn auch mit höheren Kosten - ebenfalls herangezogen werden könnte, sofern sie nicht schon ausgelastet ist[3]. Lassen die technologischen Notwendigkeiten noch Spielraum, so bildet das Streben nach möglichst wenig Transporten die wichtigste Richtlinie für die Aneinanderreihung der Arbeitsgänge[4].

Streng genommen kann die optimale Verfahrensfolge eines Produkts - immer technologische Alternativen vorausgesetzt - nicht isoliert von der anderer Produkte bestimmt werden, die im Werkstättensystem in der gleichen Fertigungsperiode über gegebene Betriebsmittel laufen sollen. Die Rechnung zur Auswahl der insgesamt kostengünstigsten Fertigungsverfahren für die Einzelproduktion mehrerer Güter zugleich ist nahezu ein Paradebeispiel für die Anwendung des linearen Planungsansatzes oder seiner Weiterungen [5]. STÄHLY [6] z.B. hat

---

1) P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 56 nennt z.B. die oft mögliche Verfahrensalternative 'Hobeln oder Fräsen'.

2) Vgl. K. HOSS, a.a.O., S. 46.

3) Vgl. B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung..., a.a.O., S. 176.

4) Vgl. K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, a.a.O., S. 232 und Seite 97 vorliegender Arbeit.

5) In der anglo-amerikanischen Literatur spricht man vom 'problem of routing'. Vgl. W.R. SPRIEGEL, a.a.O., S. 311 f.

6) P. STÄHLY, Kurzfristige Fabrikationsplanung in der industriellen Werkstattfertigung, Würzburg-Wien 1964, S. 41 - 51.

mathematische Modelle zur Ermittlung der zweckmäßigsten Kombinationen auf jeder Fertigungsstufe dargestellt, wobei allerdings schon bei verhältnismäßig wenigen Variablen große Rechenarbeit zu bewältigen ist. Wegen dieses Mißverhältnisses von Aufwand zu Vorteil begnügt sich die Fertigungsvorbereitung in der Praxis selbst beim dritten, wohl durchdachtesten der geschilderten Vorgehen damit, die örtliche Bearbeitungs- und damit Maschinenfolge der einzelnen Produkte isoliert voneinander als Datum in die sog. Reihenfolgeplanung zu übernehmen [1]. Eine 'Reihenfolge' ist dann dort noch für die verschiedenen Aufträge einer Fertigungsperiode zu bestimmen, die wegen einzelner gleichartiger Arbeitsgänge um die betreffenden Fertigungskapazitäten konkurrieren. Die Bearbeitungsfolge am einzelnen Produkt wird dabei also nur nach den Terminen, nicht mehr örtlich-sachlich festgelegt [2].

B a u s t e l l e n f e r t i g u n g folgt meist auf eine Vorfertigung im Werkstättensystem. Es liegt im Wesen insbesondere der äußeren Baustellenfertigung, daß die Betriebsmittelanordnung nicht vorgegeben, sondern für jede Baustelle neu zu bestimmen ist [3]. Die Planung der zweckmäßigsten Verfahrensfolge stützt sich auf das vom Auftraggeber vorgelegte Leistungsverzeichnis, das die verlangte Bauleistung angibt und aufschlüsselt, auf die Entwurfs- und Konstruktionsunterlagen und bei größeren Objekten auch auf den Erschließungsplan, der die örtlichen Bedingungen am Ausführungsort beschreibt [4]. Der ersten überschlägigen Planung zur Ermittlung des Angebotspreises folgt nach der Auftragserteilung die gründliche Ausarbeitung. Welche Verfahren vorteilhaft sind, hängt nicht zuletzt

---

1) So z.B. K. HOSS, a.a.O., S. 47; B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung..., a.a.O., S. 186 ff. und K. LITTGER, Feinplanung linearer Prozesse in der Serienfertigung, Sindelfingen 1964, IBM Form 80 541, insbes. S. 19 f.

2) Vgl. dazu den folgenden Abschnitt "Terminierung".

3) Vgl. dazu Seite 97 ff. der Arbeit.

4) Vgl. MECKLENBURG / SPEIDEL, a.a.O., S. 9 ff.

davon ab, ob die ausführende Unternehmung die für sie wirtschaftlichste Bauzeit zugestanden erhält oder ob der Auftraggeber einen kürzeren Termin setzt. Bauen im Winter bzw. während der Frosttage gilt nur bis ca. -6° C - bestimmend sind die Betonarbeiten - als tragbar; die Mehrkosten lohnen sich höchstens im Gewerbe- und Industrie-, nicht dagegen im Wohnungsbau [1].

Bei immer wieder ähnlich gestellten Aufgaben, wie z.B. im Wohnungsbau oder normalen Stahlbeton-Hochbau, kann auf entsprechende frühere Ausarbeitungen zurückgegriffen werden. Grundsätzlich gleichen sich aber die Arbeitsgänge verschiedener Aufträge im Baustellensystem weniger als bei einer Fertigung in Werkstätten [2]. Der Hauptgrund dafür liegt in den wechselnden örtlichen Gegebenheiten. Sie können die tatsächlich erreichbaren Leistungen der Arbeitskräfte und Geräte von den theoretisch ermittelten Werten ganz erheblich abweichen lassen [3]. Die individuellen Bedingungen jeder Baustelle machen auch die Verwirklichung des Fließgedankens im Sinne eines ununterbrochenen Einsatzes von Arbeitskräften und Betriebsmitteln besonders schwierig [4]. Für die Ausführung immer wiederkehrender Teilleistungen werden die voneinander abhängig arbeitenden Menschen und Geräte zu Arbeitsketten zusammengefaßt (z.B. Beton bereiten - fördern - einbringen). Besonderer Aufmerksamkeit bedürfen die Leistungsabstimmung der einzelnen Glieder und die Vorsorge gegen Ausfälle, die leicht die gesamte Kette lahmlegen [5].

Die Aufgliederung des Produktionsablaufs in einzelne Arbeitsgänge ist bei Baustellenfertigung grundsätzlich so weit möglich wie bei den anderen Fertigungssystemen. Zuweilen verhindert jedoch Platzmangel den Einsatz einer entsprechenden Anzahl Arbeitskräfte, so daß

---

1) Vgl. L. KRAWCZYK, a.a.O., S. 46 ff.

2) Vgl. z.B. die Vorfertigung in Werkstätten gegenüber der Montage im Stahlhochbau bei J. BRACHT, a.a.O., S. 88 f. und 101 ff.

3) Vgl. MECKLENBURG / SPEIDEL, a.a.O., S. 21 ff.

4) Vgl. ein Beispiel im Straßenbau bei: Arbeitskreis für Unternehmensorganisation der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen, Die Unternehmensorganisation in der Bauindustrie, a.a.O., S. 84.

5) Vgl. MECKLENBURG / SPEIDEL, a.a.O., S. 24 f.

jede mehrere Arbeitsgänge übernehmen muß [1]. Besonders deutlich wird das bei Abbauarbeiten unter Tage, aber auch bei Montagevorgängen unter erschwerten Umständen.

Bei umfangreichen Bauvorhaben laufen zahlreiche Teilvorgänge parallel ab und der Beginn nachfolgender Tätigkeiten hängt von der Beendigung mehrerer vorangehender Teilvorgänge ab. Für die Planung und Überwachung solcher einmaligen Fertigungsprojekte mit komplizierter Struktur bieten sich die Verfahren der Netzplantechnik an, die besonders dann wertvolle Dienste leisten, "wenn wenig Erfahrungen vorliegen, viele verschiedene Arbeiten zu koordinieren sind und das Projekt unter starkem Termindruck steht" [2]. Bis heute wurden mehr als 40 Rechenverfahren entwickelt, die sich meist nur geringfügig unterscheiden [3]. Im Grunde sind sie Varianten der drei Methoden PERT (Program Evaluation and Review Technique), CPM (Critical Path Method) und MPM (Metra Potential Method) [4].
Schon der erste Verfahrensschritt - die Darstellung der sog. Aktivitäten und Ereignisse in einem Netzwerk-Diagramm ohne Berücksichtigung der jeweiligen Zeitdauer - bringt wesentliche Vorteile [5]:

---

1) Vgl. D. HINSEL, a.a.O., S. 95.

2) WILLE/GEWALD/WEBER, Netzplantechnik, Bd. 1, München-Wien 1967, S. 18.

3) Vgl. K. KRÜGER, Optimale Projektfortschrittsplanung, Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1962, S. 33 und N. KERN, Programme für die Netzberechnung auf Rechenautomaten, in: Ablauf- und Planungsforschung 1965, S. 258 - 260.

4) Zur Leistungsfähigkeit der Netzplantechniken im einzelnen, ihren Grundbegriffen und Anwendungsmöglichkeiten bei innerer und äußerer Baustellenfertigung vgl. außer WILLE/GEWALD/WEBER, a.a.O., vor allem die Aufsätze zum Deutschen Ingenieurtag 1966 in Berlin, die in der VDI - Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 601 - 643 veröffentlicht sind.
Neben den einzelnen Verfahren der Netzplantechnik finden sich hier Anwendungsbeispiele für den Bau einer Universität, von verfahrenstechnischen Großanlagen, von Kernkraftwerken, eines Autobahnknotens und auch gleichzeitig laufender unterschiedlicher Projekte.
Speziell zu den Unterschieden von PERT und CPM vgl. W. BUDIL, Die Praxis der Netzplantechnik, in: Industrielle Organisation 1964, S. 303 - 316.

5) Vgl. u.a. P. MERTENS, Netzwerktechnik als Instrument der Planung, in: ZfB 1964, S. 404 - 407.

Alle Beteiligten werden zu genauestem Durchdenken des Ablaufs angehalten, die graphische Darstellung vermittelt eine sehr gute Übersicht und erleichtert damit die Kontrolle über die Vollständigkeit der Planung.

Mechanisch-technologische Fertigungsabläufe sind fast beliebig in Teilprozesse zerlegbar [1]. Diese Eigenschaft kann um so mehr zur durchdachten, detaillierten Organisation der Bearbeitungsfolge im F l i e ß s y s t e m genutzt werden, als eine Großserien-, Sorten- oder Massenfertigung ohne Produktwechsel andauert. Davon hängt ab, wie weit der gesamte Prozeß über die Auflösung in Arbeitsgänge hinaus - nach deren Folge sich die Gestaltung und Anordnung der Betriebsmittel und Arbeitsplätze richtet - noch nach Arbeitsstufen und die Handarbeit in Griffe und Griffelemente zerlegt und auf zweckmäßigste Bewegungsabläufe, Möglichkeiten des Erleichterns und Beschleunigens durch Mechanisierung, Werkzeuge und Vorrichtungen untersucht und entsprechend geplant wird [2]. Den Arbeitsablauf innerhalb der hier verwendbaren Spezialanlagen bis hin zu Transferstraßen gestalten deren Hersteller auf Grund der ihnen übergebenen Konstruktionszeichnungen, Stücklisten und dem vorgesehenen Ausstoß[3]. Dem Betrieb selbst verbleibt in jedem Fall die Planung des Neben- und Nacheinander im Gesamtablauf, wobei die Abstimmung der vorwiegend manuellen Montagevorgänge weniger schwierig ist als die maschineller Anlagen, weil sich Handarbeiten besser teilen oder zusammenfassen lassen als Maschinenarbeiten. Räumliche Entflechtung erlaubt intensiveres Einwirken auf das Erzeugnis und entsprechendes Abkürzen der gesamten Produktionsdauer. Dabei nimmt die Möglichkeit, Arbeitsgänge parallel zu schalten, entsprechend dem Montagefortschritt ab.
Die Netzplantechnik kann auch bei Fließfertigung benutzt werden, um die "zwangsläufige Folge der Arbeiten auf einer Fertigungsstraße oder auf dem Fließband und die Umstellungsarbeiten auf eine

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien..., a.a.O., S. 429.

2) Vgl. dazu M. WRBA, a.a.O., S. 40; H. FUNKE, Die Betriebswirtschaft im Maschinenbau, 2. Aufl., Freiburg i.Brsg. 1955, S. 59 f. und K.F. BUSSMANN, Fertigungsplanung, a.a.O., Sp. 1745 f.

3) Vgl. R. HOFMANN, a.a.O., S. 73 ff.

neue Serie..." [1] zu planen. BUDIL nennt dazu Beispiele aus der unternehmerischen Praxis in den USA.
Über die endgültige Fixierung von Arbeitsfolgen, die technologisch nicht eindeutig vorgegeben sind, entscheidet erst der zeitliche Gesichtspunkt. Beim sog. Austakten, das im einzelnen später behandelt wird, müssen die Zeiten für die einzelnen Operationen mit dem Rhythmus oder Takt der Fließstraße in Übereinstimmung gebracht werden. Zusammenfassen kürzerer Arbeitsgänge, Übertragen einzelner Teilverrichtungen an spätere Arbeitsplätze u.ä. Möglichkeiten erleichtern diese Abstimmungsaufgabe wesentlich [2].
Störungen, die nach dem Anlaufen einer Fließfertigung auftreten, verursachen ein Mehrfaches der Kosten, die eine bessere, solche Ausfälle verhütende Fertigungsvorbereitung erfordert hätte. Die Probefertigung oder sog. Nullserie dient daher neben der Einarbeitung der Arbeitskräfte der abschließenden Überprüfung der gesamten Vorbereitungsarbeit [3].
Die örtlich-sachliche (und damit eng verbundene zeitliche) Vorbereitung einer fließenden Fertigung geht ihr zwar unmittelbar voran, hat jedoch einmalig-periodischen Charakter. Als laufende Aufgabe bleibt die ständige Verbesserung der Verfahren, der Arbeitsbedingungen, die entsprechende Änderung der Zeitvorgaben und dgl. mehr [4].

Ob eine P a r t i e mit Hilfe mechanischer oder chemischer Verfahren be- und verarbeitet wird und welches Fertigungssystem das geeignetste ist, richtet sich nach Material und Erzeugungsaufgabe. Grundsätzlich läßt sich für diesen herkunftsbedingten Sonderfall aber feststellen: die Verfahrensfolge sucht man so zu bestimmen, daß sich die anfangs getrennt zu haltenden Partien möglichst bald zu

---

1) W. BUDIL, Die Praxis der Netzplantechnik, in: Industrielle Organisation 1964, S. 375.

2) Vgl. G. NOWAK, a.a.O., S. 70 - 78.

3) Vgl. im einzelnen K. SCHNELL, a.a.O., S. 145 und G. NOWAK, a.a.O., S. 129 - 143.

4) Vgl. K. F. BUSSMANN, Fertigungsplanung, a.a.O., Sp. 1746.

einem homogenen Zwischenprodukt angleichen und die Weiterverarbeitung dann gemeinsam geschehen kann [1]. Die Ausnahme bilden vor allem modeabhängige Industrien, in denen es für den Absatz sehr wesentlich ist, gerade die Individualität einer Partie bis zum Produktionsende durchzuhalten. Jede Partie bleibt während des Fertigungsprozesses zusammen, soweit überwiegend chemische Umwandlungs- und Veredelungsverfahren darauf einwirken [2].

3. Gesichtspunkte zur Verfahrenswahl bei chemischen Prozessen

Jeder chemische Stoffumwandlungsprozeß läuft in drei Stufen ab [3]: (1) Vorbereitung der Stoffe zur Reaktion (durch Zerkleinern, Mischen usw.), (2) die eigentliche chemische Reaktion und (3) die Aufarbeitung der Reaktionsprodukte (Trennen, Formen usw.). Die Verfahren der ersten und dritten Stufe sind physikalisch-mechanischer Natur, deren Art und Reihenfolge in der ersten Stufe von den Erfordernissen einer vollständigen, schnellen Reaktion und in der dritten Stufe vom Verwendungszweck des Erzeugnisses, von Verpackungs- und Transportgesichtspunkten bestimmt werden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die dazwischen liegende Stufe der eigentlichen chemischen Reaktion.

Die Durchführung der chemisch-physikalischen Grundlagen von Reaktionen ist Aufgabe der Chemiker im Laboratorium. Zwar erlauben chemische Verfahren die Gewinnung eines bestimmten Produkts mit Hilfe völlig verschiedener Verfahren aus vollkommen verschiedenen Ausgangsstoffen, sofern diese nur die erforderlichen Elemente enthalten [4]; andererseits stehen Ronstoffgrundlage, Verfahren und Ausbeute

---

1) Vgl. K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, 1. Bd., a.a.O., S. 101 und H. RIEDELBAUCH, Partie- und Chargenfertigung in betriebswirtschaftlicher Sicht, in: ZfhF 1957, S. 535.

2) Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um (ungeformte oder geformte) Fließgüter oder um Stückgüter handelt. Vgl. dazu P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 95 - 112.

3) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 28.

4) Vgl. Seite 44 der Arbeit.

nach Art und Menge durch die Gesetzmäßigkeiten chemischer Stoffumwandlung in einem solch determinierten Zusammenhang [1], daß es bei gegebenem Produktionsziel dann kaum Alternativen nach Art oder Folge der Verfahren gibt, wenn der Betrieb an bestimmte Rohstoffe gebunden ist. Dem Erkennen dieser Zusammenhänge muß die Konstruktion von Apparaturen folgen, die eine Übertragung der Reaktionen aus dem Labormaßstab in großtechnische Dimensionen erlauben. Auf diesem oft komplizierten und langwierigen Weg, wozu auch die Prüfung in Versuchsanlagen gehört [2], arbeiten Chemiker mit Physikern und Ingenieuren eng zusammen. Die Planungsarbeiten vollziehen sich dabei in zwei Abschnitten mit unterschiedlichem Genauigkeitsgrad: die 'Vorprojektierung' muß nur so hinreichend detailliert sein, daß sie eine Investitionsentscheidung ermöglicht; die anschließende 'Ausführungsprojektion' bestimmt dann den Erzeugungsprozeß bis in alle Einzelheiten [3].

"Auf Grund des eigengesetzlichen Fortschreitens der chemischen Stoffumwandlungen bilden die Reaktionsabläufe von einem stabilen Ausgangszustand bis zum nächsten stabilen Zustand geschlossene Produktionsabschnitte, die nicht beliebig in Teilprozesse zerlegt werden können" [4]. Die 'Automatie' und 'Autonomie' chemischer Reaktionen - darin unterscheiden sie sich wesentlich von den in der Regel beliebig zerlegbaren mechanischen Abläufen - drängt von Natur aus zu einer kontinuierlichen, fließenden Fertigung [5]. Dennoch ist die diskontinuierliche, chargen- oder satzweise Produktion das ältere Verfahren und wird auch heute noch in erheblichem Umfang angewandt. Die Folge der Arbeitsgänge wiederholt sich hier chargenweise: Beschicken des Produktionsgefäßes - Herstellen, Aufrechterhalten und

---

1) Vgl. P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 72.

2) Einzelheiten dazu vgl. H. HOPPMANN, a.a.O., S. 47 ff. und H. KÖLBEL/J. SCHULZE, a.a.O., S. 9.

3) Vgl. H. KÖLBEL/J. SCHULZE, a.a.O., S. 5 f.

4) P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 73 (Satz dort z.T. in Sperrdruck).

5) Vgl. H. HOPPMANN, a.a.O., S. 95 f.

Demgegenüber liegen die Stärken einer chargenweisen Erzeugung im einfachen Aufbau der Produktionsanlagen, einschließlich Meß- und Regeleinrichtungen, woraus sich niedriger Anlagekapitalbedarf und eine weitgehende Anpassungsfähigkeit an wechselnde Verfahren ergeben; weiter darin, daß langsame Reaktionsgeschwindigkeiten ausreichen, daß die Störanfälligkeit bei mehrstufigen Prozessen wegen der Möglichkeit von Zwischenlagern gering ist und schließlich besteht dank der scharfen Trennung der Verfahrensstufen nicht die Gefahr, daß sich ungewollte Änderungen in den Verfahrensbedingungen gleich auf den gesamten Prozeß übertragen.
Chargenweise Fertigung empfiehlt sich daher für die chemisch-technologische Veredlung von Stückgütern, zumindest wenn es sich um kleine Mengen handelt. Doch auch bei der Verarbeitung amorpher Massen können diskontinuierliche Verfahren vorteilhaft sein: die meisten organischen Erzeugnisse oder Zwischenprodukte der ersten Stufe werden durch Aufspalten der relativ wenigen fossilen pflanzlichen und tierischen Rohstoffe bei geringer Reaktionstemperatur (bis ca. 500° C) im 'Satzbetrieb' gewonnen [1].

Das Erstellen einer 'materiell-statischen' [2] und 'immateriell-dynamischen Einrichtung' [3] ist Voraussetzung jeder Produktion. Allen chemischen und den ihnen verwandten physikalischen - thermischen, elektrischen und magnetischen - Verfahren ist gemeinsam, daß sie

---

1) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 353.

2) ELLINGER bezeichnet damit den speziell für einen Fertigungsablauf geschaffenen Ausgangszustand der Produktionsmittel, der kurzfristig nicht selbsttätig abbaut. Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 34 f. und ders., Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 483 f.

3) Hierbei ist an die chemisch und physikalisch nicht meßbare Vorbereitung im persönlichen Bereich der Fertigung zu denken, die sich in der Einübung, den Kenntnissen und Erfahrungen der Menschen oder auch in organisatorischen Regelungen zeigt. Diese immateriellen Elemente unterliegen bei nicht dauernder Anwendung einem "zeitabhängigen endogenen Abbau." Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 484.

darüber hinaus eine 'materiell-dynamische Einrichtung' [1] aufbauen und aufrechterhalten müssen. Entsprechend dem Rhythmus des Erzeugungsablaufs brauchen bei chargenweiser Fertigung die Energieverluste nur diskontinuierlich aufgefüllt zu werden; vorübergehendes Stillegen der Anlagen nach einem in sich abgeschlossenen Produktionsabschnitt ist möglich. Kontinuierliche Prozesse verlangen dagegen eine laufende Energiezufuhr zum Ausgleich des endogenen Abbaus; Störungen führen hier nicht nur zu unerwünschten Produktabweichungen, sondern bei Zwangslaufprozessen zu großen Verlusten und u.U. zu längerem Produktionsausfall [2].

Doch Entscheidungen sind nicht nur über den Grundrhythmus des chemisch-technolgoschen Ablaufs zu fällen. Wie weit soll insbesondere chargenweise Erzeugung in Produktionsstufen unterteilt werden? Bei kontinuierlichem Betrieb: ist gerader Durchgang oder das Kreislaufprinzip zweckmäßiger [3]? Und in beiden Fällen: für welche Spielräume der Verfahrensbedingungen soll die Apparatur konstruiert werden [4]? Die Antworten auf diese Fragen entscheiden über die Wirtschaftlichkeit der Anlage, über die Ausbeute an Reaktionsprodukten nach Art und Menge und - da chemische Prozesse in den weitaus meisten Fällen Kuppelprodukte hervorbringen - auch darüber, wie sich später im laufenden Betrieb Volumen und Zusammensetzung der Produktion an Änderungen in den Beschaffungs- und Absatzbedingungen anpassen lassen [5].

---

1) Vgl. Th. ELLINGER, Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, a.a.O., S. 484.

2) So enthält die Schmelz- und Arbeitswanne für die kontinuierliche Erzeugung von täglich 100 t Tafelglas ca. 1000 cbm Schmelze, die ohne dauernde Beheizung erstarren würde und mühsam mit Preßluthämmern aus der Wanne gemeißelt werden müßte. Diese Arbeit wird programmgemäß erst etwa nach 6 Jahren ununterbrochenem Betrieb notwendig, weil nach dieser Zeit der Wannenofen neu gemauert werden muß. Für kleinere Mengen Spezialgläser wird der diskontinuierlich arbeitende Hafenofen verwendet. Nach F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 186 und 780 ff. und Auskünften einer Glashütte an den Verfasser.

3) Vgl. H. HOPPMANN, a.a.O., S. 96 f. und P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 71.

4) Vgl. H. KÖLBEL / J. SCHULZE, a.a.O., S. 34.

5) Vgl. P. RIEBEL, Die Kuppelproduktion, a.a.O., insbes. S. 91-111 und ders., Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien..., a.a.O., S. 426.

Die Projektierung [1] besonders eines kontinuierlichen chemisch-technologischen Ablaufs sehen wir als unmittelbar fertigungsvorbereitend an, weil sie den Gesetzmäßigkeiten nur gerade dieses einen chemischen Verfahrens Rechnung tragen muß und jeder Produktwechsel in der Regel eine völlige Neuprojektierung verlangt. Wenn auch eine solche Neuplanung mit ihrem gewaltigen Aufwand an Zeit und Kosten kein täglich zu entscheidendes Problem sein kann, trägt sie doch nicht nur einmaligen bzw. sehr langfristig-aperiodischen Charakter: Kaum eine Industrie ist so sehr mit den Erkenntnissen der Wissenschaft verknüpft wie die Chemische; immer wieder zwingen die Entdeckung von Reaktionen und Ausgangsstoffen, die Erfindung von Verfahren und die Erschließung neuer Verwendungszwecke zu Wechseln im chemischen Prozeß. Unverändert bleiben eher die physikalisch-mechanischen Verfahren der Vor- und Nachstufen[2].

---

1) "Projektierung ist eine primär technische Aufgabe mit stark wirtschaftlichem Hintergrund", die das zu Planung der komplizierten chemischen Anlagen notwendige Spezialwissen der Chemiker, Verfahrensingenieure, Maschinenbau- und Elektroingenieure, technischen Physiker und Bauingenieure koordiniert. H. KÖLBEL/J. SCHULZE, a.a.O., S. 1 f.

2) Vgl. F.A. HENGLEIN, a.a.O., S. 1.

VII. Die zeitliche Ordnung des Fertigungsablaufs

1. Ziel, Voraussetzungen und Stufen der Terminierung

Grundsätzliche Aufgabe der Terminierung ist die rechnerisch-planmäßige Zuordnung von Fertigungsaufträgen und Arbeitsgängen zu Betriebsmitteln bzw. Arbeitsplätzen innerhalb bestimmter Kalenderzeiträume. Auch das Material als weitere Komponente der Produktion muß nach Bedarfszeitpunkten disponiert werden.
Unterschiedliche Absatzverhältnisse, Fertigungsstrukturen, Ausgangsstoffe und Erzeugnisse bewirken auch Unterschiede in den Zielsetzungen, die im Einzelfall für eine optimale Ablaufplanung als wesentlich erachtet werden [1]:

- Minimale Umstellungskosten als Ziel ist bei mechanisch-technologischer Individualfertigung im Werkstättensystem zwar denkbar, aber nur bei außerordentlich hohen Rüstkosten von überwiegendem Interesse, weil stets andere Faktoren (Zwischenlagerungskosten, Durchlaufzeit der Aufträge u.a.) entgegengesetzt wirken.
- Niedrige Zwischenlagerungskosten: ebenfalls eine Forderung, der andere entgegenstehen. Ausschlaggebendes Gewicht erhält diese Zielsetzung nur, wenn es sich um sehr teure oder sperrige Zwischenerzeugnisse handelt.
- Minimierung der Auflegungskosten bedeutet die Minimierung der Summe aus Umstellungs- und Zwischenlagerungskosten. Diese Zielsetzung ist bei wechselnder Fertigung im Werkstättensystem sinnvoll und bei Produktion auf Lager eher zu verwirklichen als bei einer Erzeugung nach Kundenauftrag.
- Kurze Fertigungszeit pro Auftrag sollte dann vorrangig angestrebt werden, wenn die Lieferzeit ein wesentliches Verkaufsargument darstellt. Auch für leicht verderbliche Rohstoffe kann eine schnelle

---

1) Vgl. dazu u.a. W. LÜCKE, Produktionsplanung, a.a.O., S. 579 f.

Verarbeitung - wenigstens bis ein lagerfähiges Zwischenprodukt erreicht ist - entscheidend wichtig sein [1]. Bei stark synthetischem Ablauf und mechanischer Technologie führt diese Zielsetzung meist zu höheren Umstellungskosten und ungleichmäßiger Auslastung der Betriebsmittel [2].

- Minimierung der ablaufbedingten [3] Maschinenleerzeiten ist ein Hauptziel der Terminierung jedes Fertigungsprozesses. Sie bedeutet zugleich eine Verkürzung der Fertigungszeit pro Auftrag, geringere Lohn- und Kapitalkosten und Vergrößerung der Kapazität ohne zusätzliche Investition.
- Um Maximierung des Ausstoßes zu erreichen, müssen die ablaufbedingten Maschinenleerzeiten und die Umstellungszeiten minimiert werden. Bei großen Auftragsbeständen und guten Preisen für die Erzeugnisse rückt dieses Ziel in den Vordergrund.

Schon aus diesen Andeutungen über sechs theoretisch mögliche Zielsetzungen wird deutlich, daß sie sich alle gegenseitig beeinflussen. Weder läßt sich das Ausmaß dieser Interdependenzen in Funktionen darstellen, noch eine der angeführten Zielsetzungen allgemeingültig als 'beste' kennzeichnen. Jede Unternehmung muß entsprechend ihrer konkreten Situation eine sinnvolle 'Kompromißpolitik' verfolgen. Sie läßt sich am ehesten mit der Forderung nach

- "gleichzeitig bestmöglicher Auslastung der Produktionsapparatur" [4] auf einen kurzen Nenner bringen. Ihre Verwirklichung verbürgt einen stetigen Erzeugungsablauf zu geringen Kosten. Wenn damit auch keinesfalls das absolute Terminierungsoptimum erreicht wird, stellt sie doch eine plausible, praktische Zielsetzung dar.

---

1) Vgl. K. HAX, Industriebetrieb, a.a.O., S. 249.

2) Vgl. K. SCHNELL, a.a.O., S. 104.

3) Nicht ablaufbedingte Leerzeiten entstehen z.B. durch lokale Überkapazitäten, die auch erst im Laufe der Zeit durch eine Verschiebung in der Auftragszusammensetzung auftreten können. Solche beschäftigungsbedingte Maschinenleerzeiten sind im Rahmen der Terminierung nicht auszuschalten.

4) K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 1, a.a.O., S. 251.

Voraussetzung jeder Terminierung ist grundsätzlich, daß über den örtlichen Ablauf des Fertigungsprozesses, also über die technologisch vorteilhaften Verfahren und Arbeitsgänge, sowie deren Aufeinanderfolge, Klarheit besteht. Nur wenn im örtlichen Ablauf technologisch weitgehend gleichwertige Alternativen gegeben sind, kann dieser optimal nicht endgültig bestimmt werden, ohne zugleich die zeitliche Auslastung der einzelnen Kapazitäten in der Planperiode zu berücksichtigen.

Die Zuordnung von Fertigungsablauf zu Kalenderzeitraum vollzieht sich in drei Stufen:

(1) Jede Form- oder Substanzänderung am Erzeugungsobjekt benötigt Zeit. Diese Dauer muß unter Zugrundelegen der für den jeweiligen Produktionsfortschritt vorgesehenen Betriebsmittel bestimmt werden.

(2) Die Summe aus Arbeitsgangzeiten plus Transit- (Transport- und Liege-) zeiten, plus den nur annähernd nach Erfahrungswerten planbaren Zeiten für Kontrolle und Nacharbeit ergibt die Fertigungsdauer einer erzeugten Einheit bzw. eines Auftrags.

(3) Das Umrechnen der bis dahin kalenderunabhängigen Zeiten in Termine bietet dann keine besonderen Schwierigkeiten, wenn es sich um eine Erzeugung in untereinander nicht verbundenen Strängen handelt. Ist hier die Durchlaufzeit einmal bestimmt, läßt sich bei vorgegebenem Liefertermin leicht der Fertigungsbeginn - oder umgekehrt - errechnen.
Anders jedoch bei mehrstufiger, verbundener Produktion, wo wechselnde Aufträge innerhalb eines Zeitraums um dieselben Kapazitäten konkurrieren. Diese kombinatorische Aufgabe ist bekannt als Reihenfolge- oder Sortenschaltungsproblem, wobei gleichzeitig die sog. Maschinen- und Stellenbesetzung zu bestimmen ist [1]. Während zuvor die Fertigungsaufträge nur nach

---

1) Vgl. u.a. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 198 und 213 ff.; U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 99 ff.; H. OHSE, a.a.O., S. 43 ff. D. ADAM, Produktionsplanung bei Sortenfertigung, a.a.O., S. 197 f. spricht vom Sequenzproblem.

technischer Zweckmäßigkeit zugeordnet wurden, geschieht das jetzt auch unter dem Gesichtspunkt des zeitlichen Nach- und Nebeneinander. Wie schon erwähnt, können sich aus der zeitlichen Reihenfolgeplanung Rückwirkungen auf die örtliche Folge des einzelnen Auftrags ergeben, sofern diese technologisch nicht zwingend vorgeschrieben ist. In solchen Fällen kann nur eine simultane Planung zur Bestlösung führen.

2. Bestimmung der Arbeitsgangzeiten

Erster Schritt einer Terminierung ist das Bestimmen der Zeitdauer des zu terminierenden Geschehens. Jede gemessene Zeit ist ein Ergebnis der örtlichen Ablaufplanung, des dort festgelegten Fertigungssystems, der Verfahren und ihrer Folge. Außerdem drückt sie die Arbeitsleistung des Menschen aus, soweit er das Tempo des Erzeugungsablaufs bestimmen kann.

a) Bestimmung der Arbeitsgangzeiten bei mechanischer Stoffumformung

Die Dauer eines stoffumformenden, mechanischen Arbeitsganges läßt sich durch Schätzen, Rechnen, Vergleichen oder - am genauesten - durch Zeitstudien nach den REFA-Richtlinien ermitteln [1]. Die unmittelbare Vorstufe der Zeitstudien sind die Arbeits- oder Bewegungsstudien. Sie sollen zeigen, wo und wie der Wirkungsgrad menschlicher Arbeit verbessert, die Arbeitsmethoden produktiver gestaltet

---

1) Vgl. dazu insbesondere H. BÖHRS, Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, a.a.O.; weiterhin u.a. K.F. BUSSMANN, Fertigungsplanung, a.a.O., Sp. 1747; M. KNAYER (Bearbeiter), Arbeitsvorbereitung, Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung in USA, Heft 63 des RKW-Auslandsdienstes, München 1959, S. 38 ff.; L. LACHER, Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 355 - 358 und E. OBERHOFF, Arbeitsstudien, Beitrag im Betriebsleiter-Handbuch, München 1963, S. 387 - 436.

werden können [1].

Die Dauer von Handarbeit wird grundsätzlich durch Zeitstudien, die von Maschinenarbeit durch Berechnung ermittelt [2]. Da die Dauer der vom Menschen beeinflußbaren Arbeitsgänge hier als Ausgangspunkt für die Terminierung, nicht als Grundlage der Entlohnung dienen soll, interessieren nicht die Normal-Vorgabezeiten, sondern der tatsächlich zu erwartende Zeitverbrauch. Ihn errechnet man aus der Vorgabezeit mit Hilfe der statistischen Meßgröße des sog. Zeitgrades [3]. Wird vorwiegend im Zeitlohn gearbeitet, ist die richtige Schätzung des voraussichtlichen Zeitbedarfs noch etwas unsicherer. Ihr liegen in der Regel weniger systematische Zeitstudien zugrunde, die Sicherheit in der Abschätzung des Zeitbedarfs für eine bestimmte Arbeit hängt mehr oder weniger von der Erfahrung der Planenden ab. Je größer die Gesamtzeit (Einzelbearbeitungszeit x Stückzahl) eines Loses bei wechselnder Fertigung ist, desto feinere Methoden sind wirtschaftlich möglich und notwendig. Als höchstzulässiger Aufwand für die Ermittlung der Arbeitswertigkeiten und -zeiten wird im allgemeinen 5 bis 10 % der Gesamtzeit angesehen [4]. Um später realisierbare Termine vorgeben zu können, muß schon bei der Ermittlung der einzelnen Arbeitsgangzeiten von den tatsächlichen Verhältnissen im Betrieb ausgegangen werden: dem Zustand der Maschinen, den Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten, der Materialbeschaffenheit u.a.m. Das gilt gerade auch dann, wenn die betrieblichen Voraussetzungen vom Idealzustand weit entfernt sind.

Bei E i n z e l - u n d K l e i n s e r i e n fertigung ist eine genauere Vorausberechnung des Zeitbedarfs nur dann lohnend, wenn sich die Arbeitsgänge bei verschiedenen Aufträgen sehr ähneln und

---

1) Einzelheiten hierzu vgl. u.a. E. BRAMESFELD, Bewegungs- und Zeitstudien, Beitrag im HWB, Bd. 1, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 1055 - 1059.

2) Vgl. K.-W. HENNIG, Arbeitsvorbereitung, a.a.O., Sp. 244.

3) Vgl. H. BÖHRS, Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, München 1959, S. 75 - 79.

4) Vgl. M. WRBA, a.a.O., S. 66 und E. KÖHLER, a.a.O., S. 135 ff.

eine klare Bezugsgröße für die Arbeitsleistung (z.B. Zahl der Verschraubungen oder die Oberflächengröße) definiert werden kann [1]. Unter solchen Voraussetzungen empfiehlt sich die systematische Sammlung von Erfahrungswerten, die bei Abweichungen von den zugrunde gelegten Bezugsgrößen durch Zuschläge korrigiert werden [2]. Wechseln jedoch Materialart und Bearbeitungsfolge ständig, fehlt eine brauchbare Bezugsgröße für das Arbeitsergebnis, ist ein hoher Anteil Handarbeit und ein gewisses Durchdenken der Tätigkeit notwendig (z.B. beim Anzeichnen oder bei schwierigen Montagearbeiten), so wird man sich mit Schätzungen begnügen müssen, die einen ungefähren Anhaltspunkt für den Zeitbedarf der Fertigung geben [3]. Die treffsichere Schätzung der Vorgabezeiten in der Individualfertigung setzt allerdings große Erfahrung voraus [4].

Treffende Werte für die Dauer der einzelnen Tätigkeiten zu nennen, ist dann besonders schwierig, wenn der Zeitverbrauch vom Zeitpunkt ihrer Ausführung abhängt. Häufig ist dieser Fall im Bauwesen, wo Arbeiten je nach Jahreszeit verschieden lange dauern können. Auch hängt die Fertigungsdauer im allgemeinen von der Kapazitätsbelastung im Augenblick der Auftragsausführung ab. Da die Fertigungsvorbereitung im Augenblick der Schätzung den Zeitpunkt der Tätigkeiten noch nicht kennt, kann sie zunächst nur einen möglichen oder wahrscheinlichen Wert annehmen, der später eventuell korrigiert werden muß. Um von vornherein eine größere Sicherheit der geplanten Termine zu erhalten - was gerade bei Bauvorhaben oft sehr wichtig ist -, verwendet das PERT-Verfahren gegenüber anderen Methoden der Netzwerktechnik zusätzliche Kennziffern. Aus drei Werten: der günstigsten, der wahrscheinlichen und der ungünstigsten Zeit wird als

---

1) Zu den möglichen Bezugsgrößen z.B. beim Gesenkschmieden und Gießen vgl. J. BRACHT, a.a.O., S. 125 - 128 und 156 - 159.

2) Vgl. M. WRBA, a.a.O., S. 67 und MECKLENBURG/SPEIDEL, a.a.O., S. 37 f.

3) Vgl. J. BRACHT, a.a.O., S. 95.

4) Vgl. L. LACHER, Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 295 f.

gewogenes arithmetisches Mittel eine 'erwartete Zeit' errechnet [1]. Zugleich läßt sich auch die zugehörige Varianz ermitteln, welche die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der die 'erwartete Zeit' eintreten wird. Diese Verfeinerung der Netzwerktechnik wird besonders bei komplizierten, langdauernden Projekten vorteilhaft, denn je zahlreicher die Aktivitäten, deren Werte in die Berechnung eingehen, desto eher werden sich positive und negative Abweichungen bei der Wahrscheinlichkeitsbestimmung kompensieren, die Gesamtdauer also zuverlässiger ermittelt. Wenn allerdings die Dauer der einzelnen Aktivitäten nur oberflächlich und sachunkundig geschätzt wird, darf man trotz der komplizierten Berechnungen keine genauen Ergebnisse erwarten.

Die häufigere Wiederholung gleicher Arbeitsgänge bei G r o ß s e r i e n - und S o r t e n fertigung erlaubt grundsätzlich verfeinerte Methoden zur Vorausberechnung der Fertigungszeit. Wegen der Anlaufschwierigkeiten jeder erstmaligen Produktion, insbesondere auch der noch mangelnden Einarbeitung, kann für die Terminierung nicht sofort von den Normal-Vorgabezeiten ausgegangen werden, wie sie für die eingelaufene Produktion gelten sollen. Beim Anlauf einer Serie bzw. dem erstmaligen Auflegen einer Sorte wird vielmehr der Ansatz von Zeit-Zuschlägen notwendig, die entsprechend der erwarteten Lernkurve schrittweise abzubauen sind [2]. Der steigende Ausstoß pro Zeiteinheit entsprechend der Anlaufkurve äußert sich naturgemäß auch in einer Verkürzung der Termine. Das Überwachen der tatsächlichen Ausbringung und die Analyse etwaiger Abweichungen vom Plan nach deren Ursachen gibt Aufschlüsse über falsche Annahmen und Anhaltspunkte für künftige Zeitbestimmungen [3].

Die bei M a s s e n fertigung großen Mengen desselben Erzeugnisses über längere Zeit machen den hohen Aufwand gründlicher Bewegungs- und Zeitstudien notwendig und vertretbar. Die realistische Festlegung

1) Vgl. B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung für Klein- und Mittelbetriebe, a.a.O., S. 211 ff.

2) Zu den notwendigen Untersuchungen und Auswertungen vgl. insbesondere G. SCHIEFERER, Die Vorplanung des Anlaufs einer Serienfertigung, a.a.O.

3) Vgl. M. WRBA, a.a.O., S. 68.

genauer Bearbeitungszeiten ist Voraussetzung für eine störungsfreie Produktion im F l i e ß s y s t e m . Dabei sind die zunächst ermittelten Zeiten pro Arbeitsgang nicht als endgültig anzusehen, denn organisierte Fließfertigung hat Arbeitsgänge zur Voraussetzung, deren Dauer nahezu gleich ist bzw. ein Vielfaches der sog. Taktzeit beträgt. Die notwendige zeitliche Abstimmung kann auf die örtliche Arbeitsfolge und die Abgrenzung der einzelnen Arbeitsgänge zurückwirken. Als Hilfsmittel bei der Vorbereitung des endgültigen Fließarbeitsplanes können graphische Darstellungen der zunächst für die einzelnen Arbeitsoperationen vorgegebenen Zeiten dienen. Für einfache Arbeiten genügt ein Säulendiagramm; bei komplizierten Abläufen, insbesondere nicht geschlossener Fertigungsfolge, zeigt ein Strichdiagramm auch die Bewegungsrichtung des Erzeugungsablaufs. Beide Diagramme geben ein Bild von der unterschiedlichen Dauer der einzelnen Arbeiten und zeigen Ansatzmöglichkeiten für den Zeitausgleich [1]. Auf die damit verbundenen Fragen gehen wir im nächsten Abschnitt - Bestimmung der Fertigungsdauer - näher ein.

b) Bestimmung der Arbeitsgangzeiten bei chemischer Stoffumwandlung

Aus den Gesetzmäßigkeiten chemischer Stoffumwandlung ergibt sich nicht nur ein weitgehender Zwang zu örtlich gebundener und geschlossener Fertigungsfolge. Zugleich ist auch die Ablaufdauer vorgegeben: innerhalb der 'instabilen' Produktionsabschnitte zwangsläufig aus dem Verfahren heraus; organisatorisch gewollt in der Regel auch hinsichtlich des Gesamtprozesses, weil seine einzelnen Abschnitte auch dann unmittelbar miteinander verknüpft werden, wenn technische Zwischenlagerungen möglich wären. Ist kein naturgesetzlicher Zwang zur kontinuierlichen Erzeugung gegeben, fordern wirtschaftliche Gründe eine möglichst ununterbrochene Ausnutzung des sich selbsttätig ab-

---

1) Einzelheiten vgl. G. NOWAK, a.a.O., S. 61 - 64.

bauenden und daher fortwährend wieder aufzufüllenden Energiepotentials [1].

Wenn auch vollkontinuierliches Arbeiten den höchsten Ausstoß verbürgt, wird diese Möglichkeit doch nicht immer genutzt. Besonders bei der Verarbeitung organischer Naturstoffe oder der Anwendung biochemischer Verfahren zieht man oft chargenweise Erzeugung vor, weil sie im Vergleich zu kontinuierlicher Produktion zeitlich und mengenmäßig anpassungsfähiger ist und biochemische Verfahren schwieriger zu beherrschen sind als physikalisch-chemische [2].

Indessen geht in beiden Fällen die Eigengesetzlichkeit chemischer Stoffumwandlung selten so weit, daß die Reaktionsgeschwindigkeit unabänderlich hingenommen werden muß. Ob kontinuierlich oder satzweise produziert wird, der Chemiker strebt nach größerem Ausstoß durch Beschleunigung der Reaktionen. Erreichen kann er dieses Ziel außer durch Temperatursteigerung vor allem durch den Einsatz von Katalysatoren. Die Grenze dieser Bemühungen liegt bei exothermen Reaktionen spätestens vor dem Punkt, bei dem der Ablauf momentan, also in einer Explosion erfolgen und damit die betriebliche Sicherheit gefährdet würde. Die Techniker sind auf diesem Gebiet der Thermodynamik noch weitgehend auf Empirie angewiesen [3].

3. Errechnung der Fertigungsdauer

Die Zeitspanne zwischen Produktionsbeginn und Fertigstellung eines Auftrages bezeichnen wir als Fertigungsdauer. Der meist gebrauchte Ausdruck 'Durchlaufzeit' ist bei Baustellenfertigung schlecht anwendbar. Die Dauer einer Produktion ist nicht gleich der Summe der Arbeitsgangzeiten. Sie kann länger, aber auch kürzer sein und wird

---

1) Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 31 - 52 untersucht im einzelnen, wie sich ein dynamisches Potential auf die Planung des zeitlichen Ablaufs der Fertigung auswirkt.

2) Vgl. P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 130.

3) Vgl. F. HENGLEIN, a.a.O., S. 7 - 17.

stets noch von anderen Zeitelementen beeinflußt. Wir wollen im folgenden untersuchen, wie der Grad unveränderter Wiederholung der Produktionsleistung die Dauer der gesamten Fertigung im Verhältnis zur Summe der Arbeitsgangzeiten bestimmt.

a) Die Dauer gleichbleibender Fertigung im Fließsystem

Die Erzeugungsdauer einheitlicher, gleichbleibender Massen oder über längere Zeit unveränderter Serien und Sorten im Fließsystem wird von folgenden Komponenten bestimmt:

- Zahl der Arbeitsgänge
- Reihenfolge der Bearbeitung: nacheinander oder parallel?
- Dauer jedes Arbeitsgangs; bei parallelen Arbeitsgängen ist jeweils der längste maßgebend
- Transport- und Liegezeit zwischen den Bearbeitungsstationen
- Zeiten für Prüfung und eventuelle Nacharbeit

Da der Materialnachschub langfristig gesichert sein muß und von der Produktion her nach Menge und Liefertermin auch frühzeitig geplant werden kann, braucht die Beschaffungsdauer des Materials für die laufende Fließfertigung nicht berücksichtigt zu werden. Auch eine eventuelle Vor- und Nachlagerung zählen nicht zur Fertigungsdauer. Dasselbe gilt für Rüstzeiten, da die Definition gleichbleibender Massenfertigung eine Umstellung der laufenden Erzeugung ausschließt.

Reihenfertigung als fließende Produktion o h n e zeitliche Abstimmung mit folglich unterschiedlicher Dauer der Arbeitsgänge bedeutet Inkaufnahme von Liege-, sowie von Transportzeiten, die nicht mit Bearbeitungszeiten zusammenfallen.

Die Fließfertigung großer Massen stellt nach SCHWEITZER [1] ein "ungruppiertes, gereihtes Aktionsgefüge" dar. Das bedeutet: jedes "Potentialelement" (Betriebsmittel und/oder Arbeitskraft) [2] wird fortwährend nur von einem einzigen homogenen Gut beansprucht und gibt an jedes Objekt nur dieselbe gleichartige Arbeitsleistung ab (gereihtes im Gegensatz zu geschaltetem Aktionsgefüge). Da die Arbeitsobjekte den vorgeschriebenen Fertigungsweg einzeln durchlaufen und nicht zu Losen zusammengefaßt sind, liegt ein "ungruppiertes Aktionsgefüge" vor.
Ein gereihtes, ungruppiertes Aktionsgefüge bietet die günstigsten Voraussetzungen für eine mathematische Optimierung der Fertigungsdauer. Die Schritte zur Erreichung einer möglichst kurzen Durchlaufzeit der Fertigungsobjekte sind: Bestimmen der Taktdauer, zeitliche Abstimmung und Straffung des Erzeugungsablaufs.
Die Taktdauer (T) bestimmt den Rhythmus der - nicht unbedingt ruckweise ablaufenden - Fließarbeit. Sie wird errechnet aus der täglich geplanten Ausstoßmenge (n) und der Arbeitszeit in Stunden je Tag (s):

$$T = \frac{s \times 60}{n}$$ [3]

Der Takt richtet sich also nicht etwa nach der am häufigsten vorkommenden Arbeitsgangzeit. Gewisse Grenzen für die Taktdauer ergeben sich aus dem Charakter der Arbeit: Für Maschinenarbeiten ist die untere Grenze der Taktdauer etwa eine Minute, weil die Arbeiten nicht weiter unterteilt werden können. Wünscht man bei 8-stündiger Arbeitszeit einen Produktionsausstoß von mehr als 480 Einheiten täglich, muß deshalb eine Fließreihe zusätzlich eingerichtet oder in mehreren

---

1) M. SCHWEITZER, Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Diss. Berlin 1962, S. 93 ff.

2) Vgl. ebenda, S. 15.

3) Vgl. K.W. HENNIG, BWL der industriellen Erzeugung, a.a.O., S. 53 f; G. NOWAK, a.a.O., S. 64 ff. und H. BÖHRS, Organisation des Industriebetriebes, Wiesbaden 1963, S. 191 f.

Schichten gearbeitet werden. Ausreichende Beschäftigung vorausgesetzt, gelten als obere Grenze der Taktdauer etwa 5 Minuten - also ein Ausstoß von 96 Einheiten bei 8 Arbeitsstunden täglich -, da sonst durch den Verzicht auf größere Arbeitsteilung der Charakter der Fließarbeit weitgehend verloren geht [1].

Der zunächst gefundene Takt muß noch wegen unvermeidlichem Ausschuß korrigiert werden. Während auf Montagefließstraßen nur minimaler Ausschuß anfällt und er auch bei mechanischer Bearbeitung nur etwa 0,01 % beträgt, muß man z.B. in Gießereien mit einer Ausschußquote von 3 bis 6 % rechnen [2]. Entsprechend müssen die Stückzahlen je Arbeitstag erhöht werden, was gleichbedeutend mit einer Verkürzung der Taktzeit ist.

Schon bei nicht im Fließsystem organisierter Serien- und Sortenfertigung ermöglicht die zunehmende Einübung der Arbeitskräfte eine entsprechende Verkürzung der einzelnen Vorgabezeiten [3]; bei der starken Arbeitsteilung fließender Produktion ist dieser Einarbeitungseffekt noch wirksamer. Man nutzt ihn gleichmäßig für alle Arbeiten durch allmähliches Kürzen der Taktzeit, wodurch die tägliche Ausbringung steigt.

Ist die Taktzeit festgelegt, muß die Dauer jedes Arbeitsgangs im Rahmen der sogenannten Leistungsabstimmung [4] dem Takt angepaßt werden. Für diese 'Synchronisation' der Arbeitsgänge, wozu auch Transporte und Kontrollen zu zählen sind, gibt es zahlreiche Möglichkeiten in meist kombinierter Anwendung [5]. Als Mittel grober Abstimmung

---

1) Vgl. F. PRISTL, Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 56.

2) Vgl. G. NOWAK, a.a.O., S. 67.

3) Vgl. u.a. H. BÖHRS, Die Organisation des Arbeitsablaufs, in: Das REFA-Buch, Band 1, Arbeitsgestaltung, 9. Aufl., München 1960, S. 53 f.; Ch. W. FABRY, Mathematische Serienplanung, in: Werkstatt und Betrieb 1954, S. 277 ff. und D. SCHNEIDER, "Lernkurven" und ihre Bedeutung für Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF 1965, S. 501 ff.

4) Die grundlegende deutschsprachige Monographie zur Leistungsabstimmung schrieb H.L. LAUKE, Die Leistungsabstimmung bei Fließarbeit, München und Berlin 1928.

5) Einzelheiten zu den Maßnahmen zeitlicher Abstimmung vgl. insbesondere G. NOWAK, a.a.O., S. 68 - 102; ferner P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 42 f. und R. MUTHER, Fließende Fertigung, Beitrag im Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. v. H.B. MAYNARD, a.a.O., S. 149 ff.

gelten im wesentlichen das Zusammenfassen und/oder Trennen von Arbeitsgängen und -stufen, die Änderung ihrer Reihenfolge, die parallele Anordnung von Arbeitsplätzen für einen Arbeitsgang und schließlich die Ausgliederung einzelner Arbeiten aus der Fließreihe. Die notwendige Feinabstimmung, die praktisch auch während der laufenden Produktion nie beendet ist, kann u.a. erfolgen durch Verbesserungen an Maschinen, Werkzeugen und Vorrichtungen, durch geänderte Gestaltung des zu fertigenden Produkts, durch Austausch unterschiedlich qualifizierter Arbeitskräfte und Beschleunigung von Transportvorgängen.

Eine vollkommene Leistungsabstimmung wird nur in seltenen Fällen erreicht, arbeitsablaufbedingte Wartezeiten lassen sich somit auch bei Fließfertigung nicht immer gänzlich ausschalten [1]. Grundsätzlich gilt dabei, daß die Abstimmung einer manuellen Montage wesentlich einfacher ist als die maschineller Arbeitsgänge. Während sich Handarbeit fast beliebig zusammenfassen, zerlegen oder parallelschalten läßt [2], sind Maschinen für bestimmte Aufgabenbereiche konstruiert und erlauben je nach dem Grad ihrer Spezialisierung und ihrem Alter auch nur geringe Abweichungen von einer optimalen Arbeitsgeschwindigkeit. Auch bei einer über vergleichsweise lange Zeit gleichbleibenden mechanisch-technologischen Bearbeitung im Fließprinzip ist die völlige Neueinrichtung der Fertigung mit Betriebsmitteln übereinstimmender Leistungsfähigkeit entsprechend dem gewünschten Ausstoß die Ausnahme; in der Regel lautet die Aufgabe, einen Bestand vorhandener Maschinen unterschiedlicher Verfahren und Leistungsmöglichkeiten gemäß Art und Menge des herzustellenden Produkts aufeinander und mit eventuell zusätzlich notwendigen neuen Anlagen auf die gemeinsame Taktdauer abzustimmen. Dieses Ziel erfordert oft Zugeständnisse: man läßt einzelne Stationen langsamer als eigentlich

---

1) Durch Betriebsuntersuchungen quantitativ nachgewiesen hat das O. GRAF, Arbeitsphysiologie, Wiesbaden 1960, S. 84 ff.

2) Dasselbe gilt, wenn Maschinen mit Werkzeugcharakter eingesetzt werden, d.h. die Arbeitskraft Form und Abmessung des Werkstücks noch selbst steuert. Vgl. z.B. die Fließfertigung in der Bekleidungsindustrie, beschrieben bei P. RIEBEL, Die Elastizität des Betriebes, a.a.O., S. 41.

möglich arbeiten oder die Taktzeit bleibt teilweise ungenutzt. Wenn sich die Bearbeitungszeiten nicht gut auf einen gemeinsamen Takt beziehen lassen, entfällt die Möglichkeit starrer Verkettung der Fertigungsstationen und verstärkter Automation. "Die Planung, Entwicklung, Aufstellung und Erprobung einer selbsttätigen Maschinenfließreihe erfordern die Zusammenarbeit zahlreicher Fachleute und kosten weit mehr Zeit und Geld als die Arbeitsvorbereitung für eine manuelle Fließreihe" [1].

Zeitspannen zwischen den eigentlichen Bearbeitungsvorgängen können ihre Ursache in Qualitätsprüfung, Transport oder Zwischenlagerung [2] der Erzeugnisse haben. Die zeitliche Straffung der Fertigungsdauer soll erreichen, daß Prüfungs- und Transportzeiten mit Arbeitsgangzeiten zusammenfallen und Liege- bzw. Wartezeiten gänzlich ausgeschaltet werden. Da zudem einzelne Arbeitsgänge parallel oder wenigstens überlappt ablaufen, wird die gesamte Durchlaufzeit einer Fließfertigung in der Regel geringer, als der Summe der Arbeitsgangzeiten entsprechen würde. Besonders deutlich wird dieser Erfolg bei automatischen Transferstraßen [3]. Das Ergebnis der zeitlichen Abstimmung schlägt sich im sog. Fließarbeitsplan nieder [4].

b) Die Dauer wechselnder Fertigung im Werkstättensystem

Bei gleichbleibender fließender Fertigung nannten wir als Elemente der Erzeugungsdauer: Zahl, Dauer und Reihenfolge der Arbeitsgänge, sowie die Zeiten für Transport, Prüfung und eventuelle Nacharbeit. Eine Fertigung im Werkstättensystem bedingt gegenüber der Fließfertigung längere Transportzeiten, da die Maschinenanordnung grundsätzlich nicht dem Produktionsfluß entspricht.

---

1) P. RIEBEL, Industrielle Erzeugungsverfahren..., a.a.O., S. 163. Vgl. dazu auch R. HOFMANN, a.a.O., S. 83 und K.W. HENNIG, BWL der industriellen Erzeugung, a.a.O., S. 54.

2) Lagerungen aus fertigungstechnischen Gründen (z.B. Reifen oder Trocknen) gelten als Arbeitsgänge.

3) Vgl. R. HOFMANN, a.a.O., insbes. S. 78.

4) Zwei Varianten des Fließarbeitsplanes - für Montage und mechanische Bearbeitung - beschreibt G. NOWAK, a.a.O., S. 103 - 115.

Die Durchlaufzeit wechselnder Fertigung im Werkstättensystem wird darüber hinaus von folgenden Faktoren bestimmt:

- Rüst- oder Einrichtezeit
- Losgröße
- Liegezeit
- eventuell Beschaffungszeit.

Um die Rüst- oder Einrichtezeit wird die jeweilige Dauer wechselnder Aufträge zumindest dann verlängert, wenn das zu bearbeitende Objekt schon zum Einrichten der Maschine gebraucht wird. Die Rüstzeit umfaßt alle Tätigkeiten, die bei jedem neuen Auftrag unabhängig von seiner Stückzahl vor der eigentlichen Operation an der Maschine durchgeführt werden müssen. Wie lange ein Rüstvorgang dauert, hängt nicht nur vom auszuführenden Auftrag, sondern auch vom vorhergehenden ab, der die Anlage in einem bestimmten Zustand hinterläßt. Eine gedanklich einwandfreie Lösung muß diesen Zusammenhang von Auftragsfolge und Rüstkosten beachten [1]. Praktisch bedeutsam ist dieser Zusammenhang vor allem bei mechanischer Präzisionsfertigung, deren Umstellkosten stark ins Gewicht fallen, sowie bei Erzeugungsabläufen, welche die Anlagen verunreinigen. Dagegen wird man der Durchlaufzeitberechnung dann von der Auftragsfolge unabhängige Durchschnitts-Rüstkosten zugrunde legen, wenn die Produktion häufige, unkomplizierte Umstellungen erfordert.

Verlangt der Fertigungsauftrag eine i n d i v i d u e l l e L e i s t u n g , ergibt sich die Gesamtbearbeitungszeit im Prinzip wie bei fließender Fertigung: bei aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen als Summe deren Dauer; ist parallele Produktion von Teilegruppen möglich oder werden an einem Werkstück mehrere Operationen gleichzeitig ausgeführt, so fallen die Bearbeitungszeiten der kürzere Zeit in Anspruch nehmenden Arbeitsgänge in die Bearbeitungszeiten der länger dauernden [2]. Gerade bei der im Werkstättensystem vorherrschenden synthetisch-mechanischen Fertigung läßt sich die Durchlaufzeit durch

---

1) Eine solche Lösung ist erst im Rahmen der Terminierung möglich. Vgl. Seite 169 ff. der Arbeit.

2) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 12. Aufl., a.a.O., S. 222.

Parallelschaltungen auf die Zeit für die längstdauernde Teilefertigung plus den Zusammenbau verkürzen.
Wenn nicht einzelne Objekte, sondern S e r i e n oder S o r t e n in geschlossenen Losen von Station zu Station wandern, ergibt sich die Gesamtdauer einer Operation pro Los als Produkt aus Arbeitsgangzeit mal Losgröße. Bei dieser von SCHWEITZER als "gruppiertes, geschaltetes Aktionsgefüge" [1] bezeichneten Fertigungsstruktur verkürzt eine Aufteilung der Lose deren Durchlaufzeit überproportional, eine je Stück verminderte Arbeitsgangzeit dagegen nur im proportionalen Verhältnis [2]. Da einer Verkürzung der Gangzeiten im allgemeinen enge Grenzen gesetzt sind, verbleibt ohnehin nur die wirksamere Möglichkeit des Aufteilens in kleinere Lose, um so durch verkürzte Liegezeiten die Durchlaufgeschwindigkeit zu erhöhen. Allerdings müssen dann wieder höhere Transportkosten in Kauf genommen werden[3].

Liegezeiten können technologisch oder organisatorisch bedingt sein: Eine technologisch notwendige Liegezeit braucht nur einmal in ihrer Dauer pro Einheit zur Gesamtbearbeitungszeit des Loses addiert zu werden, da z.B. während der Abkühlung des letzten Schmiedestücks auch die zuvor geschlagenen Einheiten des Loses abgekühlt sind.
Die Organisation im Werkstättensystem verursacht Liegezeiten zweifacher Art. Einmal sind sie eine Folge der geschlossenen Weitergabe eines Loses, weil das zu Beginn bearbeitete Stück auch erst mit dem zuletzt bearbeiteten zur nächsten Station weiterläuft. Wesentlicher sind in der Regel die Wartezeiten, die sich vor der nächsten Bearbeitungsstation aus der Konkurrenz verschiedener Aufträge bei beschränkter Kapazität ergeben. Auch diese Zeitdauer läßt sich für den einzelnen Auftrag erst im Rahmen der Terminierung errechnen, bei der alle pro Periode geplanten Aufträge den verfügbaren Kapazitäten gegenübergestellt werden.

---

1) "Gruppiert", weil gleiche Arbeitsobjekte zu Gruppen (Losen) zusammengefaßt sind; "geschaltet", weil durch jedes Potentialelement (Fertigungsstation) mehrere Durchlaufwege führen. M. SCHWEITZER, a.a.O., S. 95 und 106.
Vgl. auch Seite 156 der Arbeit.

2) Zur mathematischen Formulierung dieser Zusammenhänge vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, Bd. 1, 6. Aufl., a.a.O., S. 164 ff.

3) Damit kommen wir wieder zum Problem der optimalen Losgröße. Vgl. dazu Seite 73 ff. der Arbeit.

Damit kommen wir zum Ergebnis, daß nur ein Teil der Fertigungsdauer für einen isoliert betrachteten Auftrag hinreichend genau angegeben werden kann, nämlich die gesamte Bearbeitungszeit (Anzahl der Arbeitsgänge mal Vorgabezeit je Arbeitsgang, ggfs. unter Berücksichtigung der Losgröße), die Zeiten für Kontrolle und vielleicht aus Erfahrung für Nacharbeiten. Die optimalen Rüst- und Liegezeiten für den einzelnen Auftrag ergeben sich erst aus der Gegenüberstellung aller Aufträge einer Periode mit den zur Verfügung stehenden personellen und sachlichen Kräften. Der hohe Rechenaufwand und die Notwendigkeit, bei Auftragsfertigung oft schon vor der eigentlichen Terminrechnung die Lieferzeit für ein bestimmtes Produkt nennen zu können, zwingt in der Regel zum Verzicht auf solche theoretische Vollkommenheit. Man schließt stattdessen aus den bekannten Größen, Anzahl und jeweiliger Dauer der Arbeitsgänge, auf die Dauer der gesamten Fertigung. Empirische Untersuchungen [1] ergaben, daß bei gleichmäßig ausgelasteter Kapazität die D a u e r eines Arbeitsabschnittes, der vom Beginn eines Arbeitsganges bis zum Beginn des nächsten reicht, nur dann annähernd linear zur Vorgabezeit des umschlossenen Arbeitsganges ansteigt, wenn diese Vorgabezeit über 1.000 Minuten liegt. Solch lange Arbeitsgänge kommen aber sehr selten vor. Zwischen den Vorgabezeiten unter 1.000 Minuten - 50 % aller Arbeitsgänge dauern gar weniger als 100 Minuten - und der zugehörigen Abschnittsdauer läßt sich kein funktioneller Zusammenhang erkennen. Setzt man dagegen die Z a h l der Arbeitsgänge in Beziehung zur Fertigungsdauer, so ergibt sich als häufigster Wert ein Durchlauf von fünf Werktagen je Arbeitsgang, der selbst weniger als 100 Minuten dauert. Daß die Summe der eigentlichen Bearbeitungszeiten nur einen Bruchteil der gesamten Fertigungsdauer ausmacht [2], ist vor allem auf den hohen Anteil Liegezeiten als einem Charakteristikum der Werkstättenfertigung zurückzuführen. Ob man nun pro Arbeitsgang eine Woche, mehr oder weniger Durchlaufzeit annimmt, richtet sich nach der Entfernung der Arbeitsplätze voneinander und den Besonder-

---

1) Vgl. ELENZ / WEBER, a.a.O., S. 6 ff und P. STÄHLY, a.a.O., S. 68.

2) Bezogen auf Normalschicht und durchschnittlichen Zeitgrad entsprechen fünf Tage Durchlauf bei 100 Minuten Vorgabezeit einem Verhältnis Vorgabe- zu Durchlaufzeit von 0,03.

heiten des Transports oder des Auftrages. Die Festsetzung der Übergangszeiten (für Transport und Zwischenlager) stellt auch ein gewisses fertigungspolitisches Instrument dar: Je länger die Übergangszeiten festgelegt werden, um so länger sind die Durchlaufzeiten der Aufträge, um so höher ist der Arbeitsvorrat an den einzelnen Stationen und der Prozeß damit weniger anfällig gegen lokalen Maschinenausfall. Auch läßt sich eher eine rüstkostengünstige Auftragsreihenfolge erreichen. Je geringer die Übergangszeiten angesetzt werden, um so straffer ist die Fertigung organisiert, um so schneller ist der Durchlauf, aber um so anfälliger ist auch der Betrieb gegen Ausfälle von Personal oder Maschinen. Wenn an einer Stelle die Fertigung unterbrochen wird, so wirkt sich das in kürzester Zeit auf alle nachfolgenden Werkstätten aus.

Bei Auftragsfertigung im Werkstättensystem kann einem Kunden keine Lieferfrist genannt werden, ohne die Beschaffungszeiten für die nicht auf Vorrat gehaltenen Stoffe und Teile zu kennen. Selbst wenn Kapazitäten sofort frei wären, kann wenigstens mit manchen Fertigungsschritten erst nach Eingang des nur auf Grund des Kundenauftrags bestellbaren Materials begonnen werden. Die Terminrechnung muß die Beschaffungsfristen also berücksichtigen, sie zählen bei jeder Fertigung nach Auftrag im weiteren Sinne zur Erzeugungsdauer.

c) Die Dauer einer Baustellenfertigung

Die Dauer insbesondere äußerer Baustellenfertigung beträgt in der Regel mehrere Monate, u.U. sogar Jahre. Sie wird auftragsindividuell, zunächst sehr grob nach Haupttiteln des Leistungsverzeichnisses, nach Bauteilen oder Stockwerken und nur monatsgenau als Grundlage einer ersten überschlägigen Terminangabe errechnet. Für die Bauausführung selbst ist dann innerhalb der vereinbarten Termine der zeitliche Ablauf aller Teilarbeiten nach Werktagen oder Wochen noch unabhängig vom Kalender festzulegen.

Aus der Planung der örtlichen Fertigungsfolge, speziell nach den Verfahren der Netzplantechnik [1], kennt man die Struktur des Projekts, die technologisch bedingte Reihenfolge aller Teilvorgänge. Im nächsten Schritt wird deren jeweiliger Zeitbedarf ermittelt [2]. Der Fertigungsablauf mit der längsten Gesamtdauer als Summe aller aufeinanderfolgenden Aktivitäten stellt den sog. kritischen Weg dar. Jedes Verzögern einer Arbeit, die auf dem kritischen Weg liegt, bedeutet einen Aufschub in der Fertigstellung des gesamten Vorhabens. Für die übrigen Arbeiten besteht ein gewisser Spielraum. Verzögerungen innerhalb dieser Zeitpuffer verschieben den Gesamttermin nicht. Eine frühere Fertigstellung des Projekts ist nur möglich, wenn es gelingt, die Dauer einer oder mehrerer Aktivitäten auf dem kritischen Weg zu verkürzen. Gelegentlich ist es möglich, Arbeitsmittel von solchen Aktivitäten abzuziehen, die einen Schlupf enthalten und sie zur Beschleunigung von Aktivitäten des kritischen Weges einzusetzen.

Die so errechnete Fertigungsdauer steht in einem optimalen Verhältnis zu den Baukosten, gilt jedoch nur für den isoliert betrachteten Auftrag. Da die verfügbaren Arbeitskräfte und Betriebsmittel meist auch für andere, gleichzeitig laufende Bauvorhaben einzusetzen sind, kann die notwendige zeitliche Abstimmung zwischen den verschiedenen Aufträgen auch Verzögerungen in einzelnen Arbeitsabschnitten zur Folge haben. Zuverlässige Aussagen darüber sind erst bei der terminlichen Einordnung der verschiedenen Aufträge möglich.

4. Die Umrechnung von Zeiten in Termine

Die Dauer der bislang unabhängig vom Kalender und voneinander betrachteten Fertigungsabläufe in Tagen, Wochen oder Monaten gilt es jetzt kalendermäßig festgelegten Zeiträumen zuzuordnen. Die seither

---

1) Vgl. Seite 137 ff. der Arbeit.
2) Vgl. Seite 151 f. der Arbeit.

produktbezogene Aufgabe vorzugsweise des Ingenieurs mündet in ein organisatorisches Problem: die terminliche Koordination von Arbeitskräften, Betriebsmitteln und Material einerseits mit Fertigungsaufträgen andererseits.

Als Ziele der Terminierung kann man allgemein definieren

- bei einer Fertigung nach Auftrag: Bestimmen eines realisierbaren Liefertermins
- rechtzeitiges Ermitteln und Bereitstellen des notwendigen Materials [1]
- gleichmäßig hohe Kapazitätsauslastung
- kurze Durchlaufzeiten.

Die beiden letzten Forderungen widersprechen sich bei wechselnden Aufträgen auf gemeinsam zu nutzenden Fertigungsstationen. Es liegt somit ein Optimierungsproblem vor.

Welche Vorgehensweisen sind grundsätzlich zur Erreichung dieser skizzierten Ziele denkbar?
Den einfachsten Weg stellt eine "auftragsbezogene Grobterminierung" [2] dar. Da hierbei für jeden Fertigungsauftrag nur mit freien Kapazitäten gerechnet wird, kann sie nur dann zu brauchbaren Ergebnissen führen, wenn für jedes Produkt eine eigene Reihe maschineller Anlagen bzw. Arbeitsplätze vorgesehen ist.
Bei der "anlagenbezogenen Grobterminplanung" [2] werden für jede Fertigungsstation die im Planungszeitraum bereits durch andere Aufträge belegten Kapazitätsteile in die Rechnung einbezogen. Damit ist gewährleistet, daß der neu eingeplante Auftrag innerhalb der Kapazitätsgrenzen eines Tages, einer Woche oder eines Monats auch tatsächlich ausgeführt werden kann.
Die "Terminfeinplanung" [2] geht noch einen Schritt weiter: Innerhalb

---

1) Vgl. dazu Seite 104 ff. der Arbeit.

2) K. HOSS, a.a.O., insbes. S. 63.

der Kapazitätsgrenzen des Planungszeitraumes wird auch die Reihenfolge festgelegt, in der die Aufträge an den einzelnen Fertigungsstationen bearbeitet werden sollen. Die beiden oben genannten gegenläufigen Forderungen an eine Terminierung: schneller Materialdurchlauf - ununterbrochene Maschinenbelegung können nur durch diese genaueste Terminrechnung zu einem Optimum vereinigt werden.
Die Hersteller von Datenverarbeitungsanlagen und deren Kunden bezeichnen die genannten drei Vorgehensweisen der Terminierung, die aufeinander aufbauen, meist als Durchlauf-, Kapazitäts- und Ablaufterminierung.

Der Gregorianische Kalender eignet sich wegen der unterschiedlichen Monatslänge und der unregelmäßig auftretenden Feiertage schlecht als Bezugsgrundlage innerbetrieblicher Planungen. Zweckmäßiger ist deshalb der sog. Betriebs- oder Fabrikkalender, in dem alle Arbeitstage fortlaufend dreistellig durchnumeriert sind und der so einen Zeitraum von drei bis vier Kalenderjahren deckt, bevor er neu beginnt. Jeder Arbeitstag des Betriebskalenders ist damit eindeutig einem bestimmten Datum zugeordnet. Ob die kleinste Planperiode mehrere Arbeitstage umfaßt oder ob ein Arbeitstag noch in Stunden oder Minuten aufgeteilt wird, hängt von der Genauigkeit ab, welche die betreffende Fertigungsstruktur erfordert bzw. die vorhandenen Organisationshilfsmittel erlauben [1]. Die Entscheidung über den Genauigkeitsgrad der Termine fiel schon beim Bestimmen der Zeiten für die einzelnen Fertigungsabschnitte. Entsprechend ergeben sich nun alle Termine im Monats-, Wochen-, Tages-, Stunden- oder gar Minutenmaßstab.
Für die Umrechnung von Zeiten in Termine ist ein Ausgangstermin zu definieren, bei dem die Rechnung beginnen soll. Dieser Ausgangstermin kann der Beginn des ersten Arbeitsgangs sein, von dem aus nach vorn alle weiteren Termine ermittelt werden - sog. Vorwärts- oder

---

1) Vgl. z.B. B. HARTMANN, Elektronische Datenverarbeitung..., a.a.O., S. 173 f.

progressive Rechnung -, es kann der gewünschte Fertigstellungstermin des letzten Arbeitsganges sein, von dem aus man rückwärts (retrograd) rechnet [1], oder es lassen sich beide Richtungen kombinieren: man geht von einem Zwischentermin aus nach vorwärts und rückwärts. Wir werden noch u.a. untersuchen, ob bestimmte Fertigungsverhältnisse eine bestimmte Art des Vorgehens nahelegen. Allgemein wird sich aber hier schon feststellen lassen: dem Optimum im Sinne minimaler Produkt-Wartezeiten, Maschinenleer- und -umstellzeiten kann man nur dann nahekommen, wenn eine Planung "nach vorn" möglich ist, d.h. die Produktion der vorgesehenen Arten und Mengen zeitlich beliebig innerhalb der Planperiode verteilt werden dürfen. Ist diese Freiheit in der Produktionsreihenfolge dadurch eingeengt, daß von vornherein für einzelne Aufträge Endtermine gesetzt werden, muß in der Regel auf das eigentlich realisierbare Optimum verzichtet werden.

a) Terminierung bei gleichbleibender Fertigung im Fließsystem

Soweit der zeitliche Ablauf einer Fertigung nicht naturgesetzlich gegeben ist - und das gilt für alle synthetisch-mechanischen Prozesse -, stellt die zeitliche Abstimmung der einzelnen Arbeitsvorgänge das zentrale Problem wirtschaftlicher Fließfertigung dar. Durch das Hintereinanderschalten der Fertigungsstationen nach dem Arbeitsfluß können Liege- und Wartezeiten des Materials theoretisch ausgeschaltet bzw. auf Transportzeiten reduziert werden. Damit sind bei einer Fließfertigung die beiden gegenläufigen Forderungen: minimale Wartezeiten der Aufträge einerseits, minimale Leerzeiten der Fertigungsstationen andererseits auf eine reduziert, nämlich die Summe der Leerzeiten von Betriebsmitteln bzw. Arbeitern zu minimieren [2]. Es genügt eine Durchlaufterminierung.

---

1) Vgl. u.a. W. LÜCKE, Produktionsplanung, a.a.O., S. 580 und K. MELLEROWICZ, BWL der Industrie, Bd. 2, a.a.O., S. 254.

2) K. HOSS, a.a.O., S. 23 ff. zeigt das in einem mathematischen Ansatz.

Bei einer gleichbleibenden Fertigung großer Mengen liegt der Schwerpunkt der Terminierung innerhalb des Betriebes. Nicht das Ermitteln und Gewährleisten eines Liefertermins gegenüber dem Kunden ist primäres Ziel, sondern das Sicherstellen eines reibungslosen zeitlichen Nach- und Nebeneinander aller Teilvorgänge der Fertigung [1]. Entsprechend ihrem einmaligen Charakter und der damit langfristigen Gültigkeit geschieht die terminliche Abstimmung mit großer Gründlichkeit bis ins Detail. Es kann vorwärts terminiert werden, denn Terminwünsche des Kunden wirken sich grundsätzlich nicht bis in die Fertigung aus. Da nach dieser Rechnung die Durchlaufzeit einer produzierten Einheit und damit auch der Ausstoß pro Zeiteinheit festliegt, kann der Vertrieb bei Kenntnis des Lager- und Auftragsbestandes jedem Kunden den frühestmöglichen Liefertermin ohne lange Ermittlungen nennen.

Sofern bei einer Großserienfertigung verschiedene Varianten möglich sind, beanspruchen diese in der Regel kaum unterschiedliche Fertigungszeiten, so daß sich auch hier mindestens keine wesentlich voneinander abweichenden Fertigstellungstermine ergeben. Werden allerdings einzelne Varianten zusammengefaßt, um günstige Losgrößen zu erhalten, so wirkt sich das u.U. auf die Endtermine aus. In solchen Fällen geschieht die Auslieferung an die Kunden eventuell nicht in der Reihenfolge der Auftragseingänge. Vor allem die langfristig notwendige Materialdisposition verlangt eine relativ frühe Fixierung der Kundenwünsche bzw. der Vorstellungen des Absatzbereiches. Je früher die "frozen zone" [2] angesetzt wird, desto einfacher, gründlicher und zuverlässiger ist die terminliche Abstimmung aller Teilvorgänge möglich. Die kurzfristige Disposition und laufende Überwachung kann auf Ausnahmesituationen beschränkt bleiben. Sie konzentriert sich auf die Punkte, von denen aus der reibungslose termin-

---

1) Vgl. V. KNECHT, Terminwesen und Lagerhaltung in der Massenfertigung, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1951, S. 2.

2) Als "frozen zone" gilt die Zeitspanne vor Fertigungsbeginn, während der Änderungen vom Absatz her nicht mehr zulässig sind.

liche Produktionsablauf am ehesten gefährdet werden könnte: Maschinenstörungen, Personalausfall und Materialmangel. Je stärker synthetisch der Fertigungsprozess verläuft, desto mehr Bedeutung kommt gerade der pünktlichen Koordination der Zuliefer- und Fertigungsströme zu, führt doch z.B. eine Verzögerung von nur einem Takt zum Ausfall einer ganzen Produkteinheit [1]. Der Rhythmus der Fertigung bestimmt hier unmittelbar den Rhythmus der Materialanlieferung, die bei keinem anderen Fertigungstyp so eng mit der Terminierung des Produktionsablaufs verknüpft ist [2].

b) Terminierung bei wechselnder Fertigung im Werkstättensystem

Soweit in Werkstätten individuell, d.h. nach Kundenauftrag gefertigt wird, muß dem Kunden möglicherweise schon vor der Erteilung, stets jedoch mit der Bestätigung seines Auftrages der Liefertermin genannt werden. Das Einhalten dieses einmal zugesagten Liefertermins wird meist als ranghöchstes Ziel der Terminierung bei Auftragsfertigung angesehen [3]. Von ihrer Lieferzuverlässigkeit hängt entscheidend der Goodwill einer Unternehmung ab und man kann mit gewissem Recht davon sprechen, daß der Schwerpunkt der Terminierung hier außerhalb des Betriebes liegt, d.h. in der Garantie des zugesagten Termins gegenüber dem Kunden [4].
Schon die Konkurrenzsituation verbietet es in der Regel, den Liefertermin so "sicher" anzusetzen, daß er unter allen Umständen leicht eingehalten werden kann. Es kommt also darauf an, einen möglichst kurzen und dennoch realistischen Termin zu nennen. Das kann schwierig sein, da zu diesem frühen Zeitpunkt für den Planungszeitraum die Zahl und Zusammensetzung der Aufträge und damit die Kapazitätsauslastung erst zum Teil bekannt sind. Bei erstmaliger Einzelfertigung kommt hinzu, daß für den einzelnen Auftrag die örtliche Bearbeitungsfolge und somit auch der Zeitbedarf der Produktion nur annähernd festliegen.

---

1) Vgl. Th. ELLINGER, Ablaufplanung, a.a.O., S. 86.

2) Einzelheiten vgl. Seite 124 bis 129 der Arbeit.

3) Vgl. z.B. K. HOSS, a.a.O., S. 185 und W. PFEIFFER, a.a.O., S. 96.

4) Vgl. V. KNECHT, a.a.O., S. 1.

Das Ziel kurzer und doch realisierbarer Liefertermine ergibt sich aus der Eigenart: Fertigung nach Auftrag; die bei seiner Verwirklichung auftretenden Probleme aus der Organisation der Fertigung im Werkstättensystem [1]. Mit "bestmöglich gleichmäßiger Auslastung der Kapazitäten" hatten wir die Ziele der Terminierung vom innerbetrieblichen Standpunkt aus auf einen kurzen gemeinsamen Nenner gebracht [2]. Die Forderung hieß vor allem deshalb 'bestmöglich' und nicht 'maximal', weil eine maximale Kapazitätsauslastung zwar einfach über große Zwischenlager verwirklicht werden könnte, dies aber zugleich lange Durchlaufzeiten der Aufträge und damit hohe Kapitalbindung bedeutete.

Der ständige Wechsel unterschiedlicher Aufträge, die gemeinsam um gegebene Kapazitäten konkurrieren, verursacht das von GUTENBERG so genannte und seither vielzitierte "Dilemma der Ablaufplanung" [3] im Werkstättensystem. Die ständige Notwendigkeit, Aufträge und Kapazitäten in wirtschaftlicher Weise zeitlich zu koordinieren, ist mit den dabei auftretenden Schwierigkeiten der Preis für die hohe Elastizität dieses Fertigungssystems.

Die Optimierung der beiden gegenläufigen Forderungen nach bestmöglicher Kapazitätsauslastung und kurzen Durchlaufzeiten wird umso schwerer fallen, je heterogener die Auftragszusammensetzung ist, je individueller, stufenreicher und verflochtener die Fertigung abläuft, je weniger sie qualitativ und quantitativ beherrschbar ist, je weniger Zeit bis Produktionsbeginn für die Planung zur Verfügung

---

1) Die obige Aussage ist insofern etwas überspitzt, als in Werkstätten nicht immer auf Grund von bereits vorliegenden Aufträgen gefertigt wird und umgekehrt eine Produktion nach Auftrag auch bei anderen Fertigungssystemen vorkommt. Die Verbindung Auftragsfertigung - Werkstättensystem sehen wir lediglich als Regelfall und zugleich als Gegenpol zur unter a) besprochenen - und ebenfalls nur als Regelfall anzusehenden - Merkmalskombination von Produktion auf Verdacht und Fließsystem.

2) Vgl. Seite 147 der Arbeit.

3) E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, 1. Band, 6. Aufl., a.a.O., S. 157. Vgl. u.a. auch Th. BALDUS, Die Planung der Betriebsbelastung bei Betrieben mit wiederkehrender und wechselnder Fertigung, in: ZfB 1954, S. 637 ff.; D. DANNER, a.a.O., S. 23 und F. HOSS, a.a.O., S. 19 ff.

steht, je mehr kurzfristige Ausnahmen und Sonderfälle zugelassen werden und je primitivere, unelastischere Hilfsmittel der Organisation zur Verfügung stehen.

Um einen Liefertermin angeben oder beurteilen zu können, bedarf es zunächst einer l a n g f r i s t i g e n Rechnung, die ihrem Charakter nach eine reine T e r m i n v o r s c h a u ist und so noch nicht Grundlage der Auftragsausführung sein kann. Sie soll zeigen, wie weit Aufträge und Kapazitäten in Einklang zu bringen sind.
Bei rein sequentieller Durchlaufterminierung werden für alle Aufträge in einer vorgegebenen Reihenfolge rückwärts - ausgehend von den gewünschten oder für möglich gehaltenen Endterminen - die Starttermine der einzelnen Arbeitsgänge ermittelt [1]. Die Reihenfolge, in der die Aufträge terminiert werden, kann sich nach dem Zeitpunkt des Auftragseingangs, nach Auftragsendterminen, Auftragsmengen, Dringlichkeitsstufen u.ä. richten. Von dieser Reihenfolge hängen also sehr wesentlich die Ergebnisse der Rechnung ab. Dennoch läßt sich ihre Bestimmung nicht umgehen. Denn eine simultane Terminierung, die allein eine optimale Maschinenbelegung und Auftragsreihenfolge erreichen kann, weil sie die S u m m e aller Aufträge und Arbeitsgänge einer Periode den vorhandenen Kapazitäten gegenüberstellt, setzt eine sequentielle Rechnung voraus: nur daraus ist zu erfahren, welche Aufträge in welchen Perioden überhaupt miteinander um Maschinenkapazität konkurrieren.
Treten bei dieser Vorschau - was jedoch in der langfristigen Rechnung nicht die Regel ist - negative Starttermine auf, d.h. müßten Arbeitsgänge schon in der Vergangenheit begonnen worden sein, um die jeweiligen Endtermine einhalten zu können, so wird für diese Aufträge eine Vorwärtsrechnung notwendig, für welche der augenblickliche Planungsmonat Ausgangspunkt ist.

---

1) Hier kommen wir wieder auf die Frage, mit welcher Dauer ein Fertigungsabschnitt angesetzt werden soll. Vgl. dazu Seite 161 ff. der Arbeit.

Das Ergebnis der Durchlaufterminierung ist ein Belastungsgebirge, das die Kapazitätsunter- und -überdeckungen in den verschiedenen Planperioden zeigt. Kapazitätseinheiten in dieser langfristigen Rechnungsphase sind - abhängig vom Grad der Substituierbarkeit der Betriebsmittel - einzelne Maschinengruppen oder die Werkstätten. Bei sehr extremen Ungereimtheiten zwischen den eingehenden Aufträgen und den vorhandenen Kapazitäten bietet sich als gröbste Methode des Belastungsausgleichs die Auswärtsvergabe von Aufträgen [1] oder das Einschleusen von Füllaufträgen an. Ähnlich starke Eingriffe zur Lösung des Ausgleichsproblems bedeuten Überstunden oder Kurzarbeit und die Umgruppierung von Kapazitäten, also die Umbesetzung von Arbeitsplätzen oder der Umbau von Betriebsmitteln. Über die eben angeführten Möglichkeiten zur Verbesserung des Kapazitätsausgleichs muß wegen der weitreichenden Konsequenzen für jeden Einzelfall immer unmittelbar vom Menschen, vom Fertigungsdisponenten bis hinauf zur Unternehmungsleitung, entschieden werden. Wird die Terminierungsrechnung insgesamt auf elektronischen Datenverarbeitungsanlagen vorgenommen, so ist eine Programmierung von Regeln für diese Entscheidungen nicht sinnvoll. Doch die Ergebnisse derartiger 'manueller' Eingriffe sind der anschließenden eventuell 'maschinellen' Kapazitätsterminierung zugrunde zu legen.

Auf drei - meist kombinierten - Wegen kann man den Kapazitätsausgleich zu erreichen suchen: durch Verschiebung von Aufträgen in eine andere Periode, durch Änderung der Fertigungsmengen oder durch Verschieben von Aufträgen innerhalb funktionsgleicher Maschinengruppen.

P e r i o d e n v e r s c h i e b u n g bedeutet, daß Fertigungsaufträge von einer Periode in eine andere verschoben werden, um Kapazitätsüberbelastungen abzubauen und freie Kapazitäten aufzufüllen.

---

1) Zu Optimierungsversuchen des Problems Eigenfertigung oder Fremdbezug mit den Mitteln linearer Planungsrechnung vgl. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 48 bis 57.

Damit hängen drei Fragen zusammen: In welcher Richtung soll die Verschiebung vorgenommen werden? Wieviele Perioden darf sie äußerstenfalls betragen? Welche von den vielen möglichen Aufträgen sollen verschoben werden?

Grundsätzlich wird zunächst eine Verschiebung zur Gegenwart hin versucht. Damit erzielt man in den unmittelbar bevorstehenden Fertigungsperioden Vollbeschäftigung, indem eventuell noch freie Kapazitäten belegt werden. Gleichzeitig werden die Endtermine für die eingeplanten Fertigungsaufträge eingehalten. Wird bis zum Stichtag des Planungsbeginns keine oder nicht genügend freie Kapazität gefunden, bleibt nichts anderes übrig, als den Auftrag in Richtung Zukunft zu verschieben. Das bedeutet zwangsläufig einen verspäteten Fertigstellungstermin, es sei denn, die Verspätung kann während der noch folgenden Arbeitsgänge durch eine Verkürzung der Übergangszeiten wieder aufgefangen werden. Die Grenze, bis zu der Verschiebungen in die Zukunft vorgenommen werden dürfen, wird je nach Kunde, nach Erzeugnis, nach Auftragsgröße u.a. unterschiedlich sein.

Auch die Entscheidung, welche der vielen vorhandenen Fertigungsaufträge zeitlich verschoben werden dürfen, richtet sich nach einem ganzen Bündel von Kriterien: am einfachsten nach einer vorgegebenen Dringlichkeitsskala (z.B. nach der Reihenfolge der Auftragseingänge); rechenaufwendiger, aber vom Fertigungsstandpunkt aus wirtschaftlicher nach Kosten- und Termingesichtspunkten. Es gibt Versuche, die zahlreichen Einflüsse in ihrer Gesamtwirkung zu werten und in Formeln zu quantifizieren [1]. Sie sind etwa so aufgebaut, daß ein Arbeitsgang umso weniger hinausgeschoben wird, je höhere Kosten bisher aufgelaufen sind, je geringer die Vorgabezeit für den untersuchten Arbeitsgang, je höher die Anzahl der noch einzuplanenden Arbeitsgänge und deren gesamte Fertigungszeit ist, sowie andererseits, je weniger Planungszeitraum noch zur Verfügung steht. Damit ist gewährleistet, daß nur solche Aufträge von Periodenverschiebungen betrof-

---

1) Vgl. H. ARNOLD / M. WOLTERS, Die maschinelle Fertigungsdisposition, Teil 5: Maschinenbelastung und Kapazitätsausgleich, in: Elektronische Rechenanlagen 1961, S. 66 ff. und K.L. PEDELL, a.a.O., S. 78 - 84.

fen werden, bei denen die Verzögerung kostenmäßig nicht stark ins Gewicht fällt und eine verhältnismäßig hohe Wahrscheinlichkeit besteht, daß sie in den folgenden Planungszeiträumen wieder aufgeholt werden kann.

M e n g e n v e r ä n d e r u n g e n zum Ausgleich unterschiedlich belasteter Kapazitäten kommen nur in Frage bei einer Fertigung in wirtschaftlichen Losgrößen, die den augenblicklichen Bedarf übersteigen [1]. Das Verharren auf festen wirtschaftlichen Losgrößen bei Kapazitätsengpässen würde dazu führen, daß einige Erzeugnisse überhaupt nicht oder zu spät, andere dagegen in größerer als der augenblicklich benötigten Menge produziert werden. Es stellen sich ähnliche Fragen wie bei der Periodenverschiebung: Bei welchen Aufträgen sollen die zu fertigenden Mengen geändert werden? In welchem Ausmaß soll dies jeweils geschehen?
Vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus ist zu fordern, daß zuerst die Mengen der Aufträge geändert werden, bei denen ein Abweichen von der wirtschaftlichen Losgröße die geringsten Mehrkosten verursacht. Um diese Forderungen praktisch erfüllen zu können, müßte man jedoch die Kosten-Losgrößen-Funktion jedes Erzeugnisses kennen. Weniger genau, aber auch weniger aufwendig ist es, die Aufträge über die einzelnen Erzeugnisse nach der Auflegungshäufigkeit zu betrachten, die sich aus dem Verhältnis von Jahresbedarf zu wirtschaftlicher Losgröße ergibt. Eine hohe Auflegungshäufigkeit bedeutet, daß die wirtschaftliche Losgröße im Verhältnis zum Jahresbedarf gering ist. Das kann seinen Grund nur darin haben, daß die Rüstkosten sehr niedrig und/oder die Lagerkosten sehr hoch sind. Die Mengenänderung muß also bei Aufträgen mit hoher Auflegungshäufigkeit einsetzen, da hier eine Losgrößenverringerung kleinere Lagerkosten und nur geringfügig höhere Rüstkosten zur Folge hat. Umgekehrt würde die Loskürzung bei einem Erzeugnis geringer Auflegungshäufigkeit zwar auch eine Verringerung der Lagerkosten, aber einen unverhältnismäßig starken Anstieg der Rüstkosten bedeuten.

---

[1] Auf die Zusammenhänge zwischen Bestimmen der Produktionsmengen, Maschinenbelegung und Terminierung haben wir schon auf Seite 74 f. hingewiesen.

Um das Ausmaß der Mengenveränderung bei jedem einzelnen Auftrag zu bestimmen, genügt es nicht, nur bei einem Auftrag die Stückkostenerhöhung, die sich aus der Losgrößenverminderung ergibt, möglichst klein zu halten. Entscheidend ist die Kostensteigerung bei allen Aufträgen zusammen, die für die Ausgleichsrechnung benötigt werden. Ein gedanklich genauer Lösungsansatz wäre auch hier wieder auf der Basis der Kosten-Losgrößenfunktion für jedes Erzeugnis bzw. Teil möglich [1], wegen des hohen Aufwands für Ermittlung, Speicherung und Rechnung aber nicht praktikabel. Man behilft sich damit, beginnend beim Erzeugnis mit der höchsten Auflegungshäufigkeit, die Mengen jeweils um einen bestimmten Prozentsatz zu vermindern. Ist danach noch nicht genügend Kapazität frei, wird der Prozentsatz erhöht usf., bis der Ausgleich erreicht ist. In jedem Fall bildet die untere Grenze für die Losgrößenreduktion der augenblickliche Bedarf.

Die Suche nach der günstigsten A u f t r a g s r e i h e n f o l g e für die einzelnen Werkstätten innerhalb einer Periode stellt die dritte, feinsten Kapazitätsausgleich ermöglichende Methode dar. Im allgemeinen kann ein bestimmtes Arbeitsergebnis auf mehreren Maschinengruppen erreicht werden, die sich in ihrem Kosten-Leistungs-Verhältnis unterscheiden [2]. Selbst unter der Voraussetzung, daß die Arbeitsgangfolge beim einzelnen Erzeugnis unveränderlich festliegt [3], ergibt sich schon bei verhältnismäßig wenigen Arbeitsgängen, die über verschiedene Maschinen laufen können, eine unübersehbare Zahl von Reihefolgemöglichkeiten [4]. Es stellt sich zunächst die Frage, welche Alternative als "beste" Lösung angestrebt werden soll. Die

---

1) Vgl. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 116 ff.

2) Vgl. W. LIPKA, Kostenvergleiche an Werkzeugmaschinen für die Bearbeitung gleicher Werkstücke bei unterschiedlichen Fertigungsmöglichkeiten, in: ZwF 1964, S. 268 f.

3) Vgl. dazu Seite 134 f. der Arbeit.

4) Vgl. die bei E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, 1. Band, 12. Aufl., a.a.O., S. 215 ff. angeführten Beispiele.

Forderung wird sinnvollerweise lauten: Die Reihenfolge der Aufträge ist so zu bestimmen, daß die Summe der Fertigungskosten aller Aufträge, die im betrachteten Zeitraum über die Maschinengruppe laufen, möglichst gering wird. Das Ergebnis wird in der Regel so aussehen, daß die umfangreichen Fertigungslose über die leistungsfähigsten Anlagen laufen und die kleineren Aufträge über die älteren Maschinen gezogen werden. Es kann aber durchaus auch der Fall vorkommen, daß die Fertigung eines kleineren Loses auf einem Hochleistungsautomaten so sehr viel billiger ist, daß es sich lohnt, dafür einen größeren Auftrag auf ältere und teurer arbeitende Maschinen zu übernehmen.

Grundsätzlich ist das Problem der optimalen Auftragsreihenfolge und Maschinenbelegung mit den Methoden der linearen Programmierung am ehesten lösbar [1]. Um das Optimum zu erreichen, wäre jedoch eine immense Anzahl von Rechenoperationen erforderlich, weshalb man sich bei realen Größenordnungen mit Näherungslösungen begnügen muß [2]. Bei der Entwicklung solcher Näherungslösungen waren starke Vereinfachung und Abstraktion unumgänglich [3].

Eine dieser Vereinfachungen bezieht sich auf die Umrüstkosten: Die Dauer des Einrichtens einer Maschine ist meist kein absoluter Wert, sondern von der Reihenfolge der Aufträge abhängig. Allein unter dem Gesichtspunkt kurzer Rüstzeiten würden also terminlich auseinanderliegende, aber technisch ähnliche Aufträge zusammengefaßt. Das ist indessen nur dann gerechtfertigt, wenn die eingesparten Rüstzeiten soviel Kapazität freimachen, daß die Endtermine eingehalten werden können; denn die durch Terminverschiebungen entstehenden Nachteile wiegen sicher schwerer als die eingesparten Rüstkosten [4]. Bei mehrstufiger Fertigung ist das Minimum der gesamten Umstellzeiten noch nicht durch die Festlegung der Reihenfolge allein für die erste Be-

---

1) Vgl. CHURCHMAN / ACKOFF / ARNOFF, a.a.O., S. 409 f.; D. DANNER, a.a.O., S. 25 ff.; M. SCHWEITZER, Beitrag zur optimalen Terminierung, in: ZfB 1966, S. 41 ff. und P. STAHLKNECHT, Anwendungen der Unternehmensforschung in der Praxis, in: ZfbF 1967, insbes. S. 491 ff.

2) Vgl. P. MERTENS, a.a.O., S. 104.

3) H. LITTGER, Bearbeitung komplexer Reihenfolgeprobleme mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, IBM Fachbibliothek Sindelfingen 1963, S. 5.

4) Vgl. ELENZ/WEBER, a.a.O., S. 14.

arbeitungsstation zu erreichen. Die kostenminimale Reihenfolge für die nachfolgenden Arbeitsgänge wird in der Regel anders sein. Es sind also Zwischenlager notwendig, aus denen zur weiteren Bearbeitung jeweils die Aufträge gewählt werden, die den geringsten Aufwand für die Umstellung der Anlagen bedeuten. Die Aufgabe ist damit komplexer Art: die Zeiten für Umstellung und Zwischenlagerung sind zusammen zu minimieren. Für diese Problemstellung wurden vereinfachte, näherungsweise Lösungen entwickelt [1]. Sie sind vor allem für mechanische Präzisionsfertigung kleiner Serien interessant, wo die Umstellzeiten stark ins Gewicht fallen, sowie für Erzeugungsabläufe, bei denen die Anlagen verunreinigt werden (z.B. mit Farbstoffen bei allen Arten der Druckerei). Wo die Rüstkosten weniger ins Gewicht fallen, sieht man in der praktischen Vorbereitung einer Fertigung von dieser zusätzlichen Komplizierung ab. Man unterstellt Konstanz der Rüstkosten unabhängig von der Auftragsfolge. Diese Vereinfachung ist auch beim Linear-Programming-Ansatz notwendig, da das Berücksichtigen der Umstellkosten eine nichtlineare Zielfunktion bedingen würde [2].

Wir sahen, daß es von drei Seiten her möglich ist, das Optimum zwischen Durchlaufzeitminimierung und gleichmäßiger Maschinenbelastung anzustreben: durch periodenweises Vorziehen bzw. Rückstellen von Arbeitsgängen, durch Mengenveränderungen und durch Erzielung der kostengünstigsten Auftragsreihenfolge. Schon bei Teilproblemen erwies sich die simultane Berücksichtigung aller Einflußgrößen als nicht realisierbar. Erst recht muß das also für das Gesamtproblem der Auftragsfolge und Maschinenbelegung gelten [3]. Es bleibt somit nur die Frage, wie die möglichen Planungsschritte am zweckmäßigsten nacheinander erfolgen sollen. Eine allgemeingültige Regel kann hierfür nicht aufgestellt werden, wir müssen also differenzierende Aussagen versuchen:

---

1) So z.B. von U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 156 - 178.

2) Vgl. LOTZ, Optimale Maschinengruppenbelegung und Auswahl der Maschinenanzahl in einer Serienfertigung bei Werkstättenorganisation, IBM Deutschland 1965, S. 5.

3) Vgl. auch G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 256 ff.

Ergibt die erste Belastungsübersicht der Durchlaufterminierung nur geringe periodische Schwankungen mit einer allgemeinen Kapazitätsüber- oder -unterbelegung, wird es ratsam sein, zunächst einen Mengenausgleich durchzuführen und daran einen Periodenausgleich anzuschließen. Auch führt unter diesen Bedingungen eine sequentielle Rechnung, d.h. die Terminierung der Aufträge streng nacheinander, am ehesten zu annehmbaren Ergebnissen. Das gilt vor allem dann, wenn vorrangig geringstmögliche Durchlaufzeiten angestrebt werden [1]. Bei starken Belastungsschwankungen jedoch, mit erheblichen Kapazitätsunter- und-überdeckungen, wie sie häufig in der Einzel- und Kleinserienfertigung mit starker saisonaler Nachfrageschwankung zu finden sind, ist zunächst ein Periodenausgleich ratsam [2]. Dadurch werden Belastungsspitzen abgetragen, Belastungstäler aufgefüllt. Zur Glättung der restlichen Belastungsspitzen kann sich noch eine Mengenausgleichsrechnung anschließen.

Die Ergebnisse solcher langfristigen Terminierung sind eine Kapazitätsbelastungsübersicht für sämtliche Werkstätten bzw. Maschinengruppen über den gesamten Terminierungszeitraum, ein Überblick über die möglichen Auftragsendtermine und eine terminierte Materialbedarfszusammenstellung. Dieser monatsgenauen Rechnung kann später eine mittelfristige Terminierung mit wochengenauen Ergebnissen folgen. Sie unterscheidet sich in ihren Schwierigkeiten und ihrem Ablauf grundsätzlich nicht von der langfristigen Rechnung. Deren Ergebnisse werden in der mittelfristigen Rechnung nicht berücksichtigt, vielmehr erfolgt eine vollständig neue Terminierung, da sich die Auftrags- und Kapazitätssituation seit der langfristigen Vorschau erheblich geändert haben kann.

Lang- und mittelfristige Terminierung hatten reinen Vorschaucharakter und dienten dazu, Aufträge und Kapazitäten miteinander abzu-

---

1) Vgl. dazu K.-L. PEDELL, a.a.O., S. 76 f.

2) Vgl. U. PFAFFENBERGER, a.a.O., S. 33 ff.

stimmen. Dagegen stellt die kurzfristige F e i n t e r m i n i e r u n g eine Steuerungsrechnung dar, als deren Ergebnis die Werkstätten genaue Vorschriften darüber erhalten, zu welchem Zeitpunkt welche Aufträge auf welchen Maschinen bearbeitet werden müssen [1]. Soll das Verfahren einen Sinn haben, hat sich der Betrieb streng an die angegebenen Termine, Auftragsreihenfolgen und Belegungspläne zu halten. Das bedingt aber andererseits, daß in dieser Terminsteuerung auch alle fertigungstechnischen Gesichtspunkte berücksichtigt sind. Andernfalls wird das Verfahren vom Betrieb schnell ad absurdum geführt.

Eine solch strenge, detaillierte Feinterminplanung ist überhaupt nur durch Einsatz moderner Elektronenrechner denkbar, denn nur sie machen die Planungsergebnisse rasch verfügbar und ermöglichen große Flexibilität bei plötzlich auftretenden Störungen [2]. Weitere entscheidende Voraussetzung ist die zuverlässige Datenrückmeldung aus der Fertigung, die im Idealfall bis zum "real time processing" vervollkommnet ist [3]. Doch oft sind die fertigungstechnischen Bedingungen so schwierig und vielgestaltig, daß es äußerst aufwendig wäre, sämtliche Entscheidungsregeln zu programmieren. In diesem Falle ist es vorteilhafter, auf eine Feinterminierung gänzlich zu verzichten und stattdessen den Meistern eine für ein oder zwei Wochen terminierte, mit den Kapazitäten abgestimmte Auftragsvorschau - als Ergebnis der mittelfristigen Terminierung - zu übergeben. Sie haben dann die Möglichkeit, innerhalb der wochengenauen Termingrenzen nach ihrem Gutdünken die Auftragsfolge und Maschinenbelegung zu bestimmen [4].

---

1) Über den Zusammenhang der drei Planungszyklen vgl. K. HOSS, a.a.O., S. 62 f.

2) Eine in der Praxis realisierte Lösung mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung wird beschrieben von IBM Deutschland, Die Fertigungssteuerung bei der IBM Deutschland, Sindelfingen 1969.

3) Vgl. dazu B. HARTMANN, Betriebswirtschaftliche Grundlagen..., a.a.O., S. 189 ff.

4) Vgl. E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, 1. Band, 12. Aufl., a.a.O., S. 223 f.

Sind die fertigungstechnischen Einflußgrößen in ihren Zusammenhängen dagegen programmierbar, so bringt die zentrale Steuerung erhebliche Vorteile gegenüber der sogenannten Meisterwirtschaft, da jeder Meister nur in seinem Bereich möglichst produktiv arbeiten will - und mehr ja von ihm auch nicht verlangt werden kann -, er aber nicht abzuschätzen vermag, wie sich seine Entscheidungen auf den Arbeitsfortschritt in den übrigen Bereichen auswirken. Das gesamtbetriebliche Interesse läßt sich also durch zentrale Feinterminierung wesentlich besser wahren.

Bis jetzt haben wir die Terminierungsprobleme bei Werkstättenorganisation schlechthin behandelt, ohne viel darauf zu achten, ob Einzelleistungen, Serien oder Sorten gefertigt werden. Von dieser Unterscheidung ausgehend, wollen wir noch einige Punkte ergänzen:

In der E i n z e l fertigung besteht die Grundinformation der Terminrechnung in Auftragsstatistiken für die langfristige Vorschau und in echten Aufträgen für die mittel- und kurzfristige Rechnung. Erhebliche organisatorische Schwierigkeiten bestehen meist darin, die notwendigen Planungsunterlagen, also Stücklisten und Arbeitspläne richtig und vollständig vor Beginn der Terminrechnung bereitzustellen. Kennzeichnend für die Rechnung selbst ist dann:

- Die Tatsache, daß nicht in wirtschaftlichen Losgrößen gefertigt wird, engt die Möglichkeiten eines Kapazitätsausgleichs ein. Die Auftragsmengen sind im allgemeinen fest und können nicht zum Zwecke des Kapazitätsausgleichs vermindert oder vermehrt werden.
- Da viele Einzelteile streng auftragsgebunden sind, müssen bei zeitlichen Verschiebungen innerhalb der Kapazitätsausgleichsrechnung die Auswirkungen auf den Gesamtauftrag beachtet werden. Das macht die Ausgleichsrechnung verhältnismäßig aufwendig.
- Eine Verkürzung der Durchlaufzeit durch Überlappung von Arbeitsgängen scheidet bei reiner Einzelfertigung aus. Jeder Arbeitsgang kann erst beginnen, wenn der vorhergehende beendet ist.

- Auch die planmäßige Reduktion der Rüstzeiten bereitet Schwierigkeiten, da der fertigungstechnische Verwandtschaftsgrad im allgemeinen nicht bekannt ist. Ein gewisser Ausweg besteht im Aufstellen von Kennzahlen, welche z.B. die geometrische Form eines Teiles charakterisieren und damit Rückschlüsse auf die Höhe der Umrüstkosten zwischen zwei Aufträgen zulassen [1].

Für die S e r i e n - und S o r t e n fertigung besteht die Grundinformation für die lang- und mittelfristige Rechnung in der Bedarfsschätzung, die bei der mittel- und kurzfristigen Rechnung durch Kundenaufträge zunehmend konkretisiert wird. Die Planungsunterlagen, Stücklisten und Arbeitspläne liegen grundsätzlich vor, wichtig ist jedoch, daß sie auch auf dem neuesten Stand gehalten werden. Folgende Eigenarten bestimmen hier die Terminierung:

- Es wird in wirtschaftlichen Losgrößen produziert, die mehr als den momentanen Bedarf decken. Deshalb sind die Voraussetzungen einer Mengenreduktion zum Ausgleich von Kapazitätsüberbelastungen günstiger als bei Einzelfertigung.
- Handelt es sich um eine Serienfertigung mit hoher Austauschbarkeit der Teile, so besteht kein strenger Zusammenhang zwischen den Teilefertigungs- und Gesamtaufträgen. Das erleichtert eine periodische Verschiebung innerhalb des Kapazitätsausgleichs, weil beim Vorziehen und Zurückstellen einzelner Teile kaum Rücksicht auf den Zusammenhang zum Gesamtauftrag genommen werden muß.
- Die Fertigung in Losen ermöglicht eine Verkürzung der Durchlaufzeiten durch systematisches Überlappen von Arbeitsgängen.
- Das Problem planmäßiger Rüstkostenreduktion ist für die Wirtschaftlichkeit jeder S o r t e n fertigung wichtig. Ganz besonders gilt das für chemisch-physikalische Prozesse, deren - wenn auch oft relativ wenige - Fertigungsstationen nur unter hohem

---

1) Vgl. dazu H. STEINMANN, a.a.O.; E. KIRCHNER, Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen der Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger 1963, S. 714 ff. und B. RAISER, Teilefamilienfertigung im Einzelmaschinen- und Apparatebau, in: Industrie-Anzeiger 1963, S. 730 ff.

Zeit- und Kostenaufwand auf ein anderes Produkt umgestellt werden können. Die Herstellung von Papier und Plastikfolien bieten Beispiel hierfür. Die Suche nach der günstigsten Sortenschaltung hängt eng mit dem Problem der optimalen Losgröße zusammen [1]. Für die obigen Beispiele gelten als grobe Richtlinien: Wechsel von hellen zu dunkleren Farben und von feinem Grundstoff zum groben. Man spart dadurch viele Reinigungsvorgänge, da die Reste der ersten für die nächste Sorte keine unzulässigen Verunreinigungen darstellen. Solche und weniger ins Auge springenden Kosten lassen sich für jeden möglichen Sortenwechsel innerhalb eines Repertoirs in einer Matrix zusammenfassen. Ob mit Hilfe ganzzahliger linearer Programmierung die jeweils günstigste Sortenschaltung in einem realen Fall ermittelt werden kann, hängt auch bei diesem Problem von der Anzahl der Sorten ab, die innerhalb der Planperiode aufeinander folgen können. Sie bestimmt die notwendige Rechenarbeit [2].

c) Terminierung bei Baustellenfertigung

Die Dauer und damit auch der Endtermin einer Fertigung im Baustellensystem kann zuverlässig nicht isoliert, d.h. ohne Rücksicht auf gleichzeitig zu erledigende andere Aufträge bestimmt werden. Bei innerer Baustellenfertigung konkurrieren mehrere Aufträge um den zur Verfügung stehenden Raum, die Betriebsmittel und Arbeitskräfte; bei äußerer Baustellenfertigung werden Betriebsmittel und Arbeitskräfte mitunter an mehreren Orten gleichzeitig gebraucht. Das äußere Bild ist verschieden, das Problem der terminlichen Koordination identisch.

---

1) Vgl. Seite 73 ff. und die dortigen Literaturhinweise.

2) Vgl. G. v. KORTZFLEISCH, Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, a.a.O., S. 262 ff.; E. GUTENBERG, Grundlagen der BWL, 1. Band, 12. Aufl., a.a.O., S. 210 f. und insbesondere H. OHSE, a.a.O., S. 61 ff.

Diese Aufgabe wird insofern etwas erleichtert, als es sich in der Regel gegenüber einer Werkstättenorganisation um verhältnismäßig wenige parallel laufende Projekte handelt. Ihr Umfang ist dafür umso größer und während der meist langen Fertigungsdauer sind eine große Anzahl Termine für den Wechsel von Arbeitsgruppen, die Bereitstellung von Material und Betriebsmitteln entsprechend dem Arbeitsfortschritt zu planen und zu überwachen.
Die Verfahren der Netzwerktechnik (insbesondere CPM, PERT und MPM) betrachten in ihren ersten Entwicklungsstufen nur den isolierten Ablauf einer Fertigung [1], was freilich schon eine sehr komplexe Aufgabe darstellen kann. Doch war es auch hier schon möglich, Beschränkungen, die sich aus dem Nebeneinander verschiedener Aufträge ergeben, zu berücksichtigen: Die Dauer einer Tätigkeit umfaßt dann nicht nur die Zeit, in der tatsächlich gearbeitet wird, sondern auch Wartezeit, deren Grund beschränkte Kapazität ist; oder es werden an sich parallel ausführbare Tätigkeiten hintereinander gelegt [2]. Um aber überhaupt solche Engpässe zu erkennen, ist ein erster grober Überblick über den zeitlichen Ablauf der verschiedenen im Planungszeitraum zu verwirklichenden Projekte notwendig. Kapazitätsengpässe sollten dann Anlaß zu Investitionen sein, wenn von den Verzögerungen Aktivitäten des kritischen Weges oder solche mit vergleichsweise geringerem Schlupf betroffen werden. Enthalten die durch Kapazitätsengpässe verzögerten Arbeitsgänge ausreichend Spielraum, so wird der Endtermin durch die Konkurrenz anderer Aufträge um knappe Kapazitäten nicht hinausgeschoben. [3]

---

1) Vgl. WILLE / GEWALD / WEBER, Netzplantechnik, Band 1, a.a.O., S. 14.

2) Vgl. ebenda, S. 90 und 93.

3) Zu den verfeinerten Methoden der Netzplantechnik, die unter Berücksichtigung der Faktoren, Zeit, Kosten und Kapazitäten auch die gleichzeitige Planung mehrerer konkurrierender Projekte gestatten, vgl. G. WAGNER, Netzplantechnik in der Fertigung, München 1968, S. 80 - 109.

3. Teil

INDUSTRIETYPEN GLEICHARTIGER FERTIGUNGSVORBEREITUNG

I. Erläuterungen zum Typisierungsversuch

Die Untersuchung ging bisher schrittweise nach den einzelnen fertigungsvorbereitenden Funktionen vor und wollte dabei zeigen, wie die einzelnen Merkmalsausprägungen verschiedene Gesichter der Fertigungsvorbereitung bewirken. Durch die funktionale Betrachtung wurde zwar der Einblick in die Gesamtproblematik einer bestimmten Fertigungsstruktur erschwert, andererseits aber der Gefahr begegnet, von vornherein nur von ganz bestimmten Fertigungstypen auszugehen, die unter anderen Gesichtspunkten als dem gleichartiger Probleme der Produktionsplanung gebildet wurden.
Als Ergebnis und Zusammenfassung aller bisherigen Erörterungen erscheinen in der folgenden Übersicht Industrietypen, die unter dem Blickwinkel zumindest ähnlicher Schwerpunkte und Aufgaben in der Fertigungsvorbereitung gebildet wurden. Die Typisierung geht nur von den Merkmalen aus, deren Ausprägungen wir im Lauf der Studie als besonders bestimmend empfanden. Der Übersichtlichkeit halber wurde auf weitere Differenzierungen verzichtet. Die angeführten Merkmale können nur zusammen gesehen werden, ihre Reihenfolge in der Übersicht soll also nichts über ihre Bedeutung aussagen. Will man jedoch eine Unterscheidung besonders herausheben, so erweist sich diejenige nach Fertigungssystemen als fruchtbarste für unser Ziel. Der Grund dürfte einmal darin liegen, daß das in einem Betrieb verwirklichte Fertigungssystem das Resultat bewußter organisatorischer Gestaltung durch den Menschen ist, zugleich aber auch weitgehend von den übrigen natur- oder marktgegebenen Merkmalen bedingt wird.

Die Typen erhielten lediglich Kennbuchstaben, da sie nicht mit Branchen oder anderen gängigen Bezeichnungen identifizierbar sind. Damit bestätigt sich die eingangs getroffene Feststellung [1], daß verwandte Probleme in Betrieben der unterschiedlichsten Branchen auftreten.

Wie stets bei solchen Typisierungsversuchen ist eine gewisse Willkür unvermeidbar: es treten auch hier Grenzfälle auf, zudem kann selten ein gesamter Fertigungsablauf einem einzelnen Typ zugeordnet werden. Aus dem Nebeneinander verschiedener Fertigungstypen in einem Betrieb ergeben sich für die Vorbereitung des Ablaufs zusätzliche Probleme, auf die hier nicht eingegangen werden konnte.

In der folgenden Übersicht begnügen wir uns mit stichwortartigen Hinweisen auf die bei den einzelnen Typen unterschiedlichen Schwerpunkte der Fertigungsvorbereitung. Diese Hinweise sollen die im Text vorangegangenen ausführlichen Erörterungen nochmals wachrufen und systematisieren. In der Übersicht verschiebt sich von links nach rechts - von Typ A bis Typ F - der Schwerpunkt der Fertigungsvorbereitung von der laufenden, periodischen, kurzfristigen Ablaufvorbereitung und -überwachung zu einmaliger, aperiodischer, langfristig gültiger Planung. Der zeitliche Produktionsablauf wird zunehmend schon durch den Aufbau, die Struktur der Fertigung bestimmt. Daher umfaßt 'unmittelbare Fertigungsvorbereitung' beim rechten Typenpol der Übersicht einen nach sachlichem Umfang, zeitlicher Gültigkeit und damit auch unternehmerischem Risiko grösseren Entscheidungsraum als beim linken Pol.

II. Übersicht: Bildung von Fertigungstypen

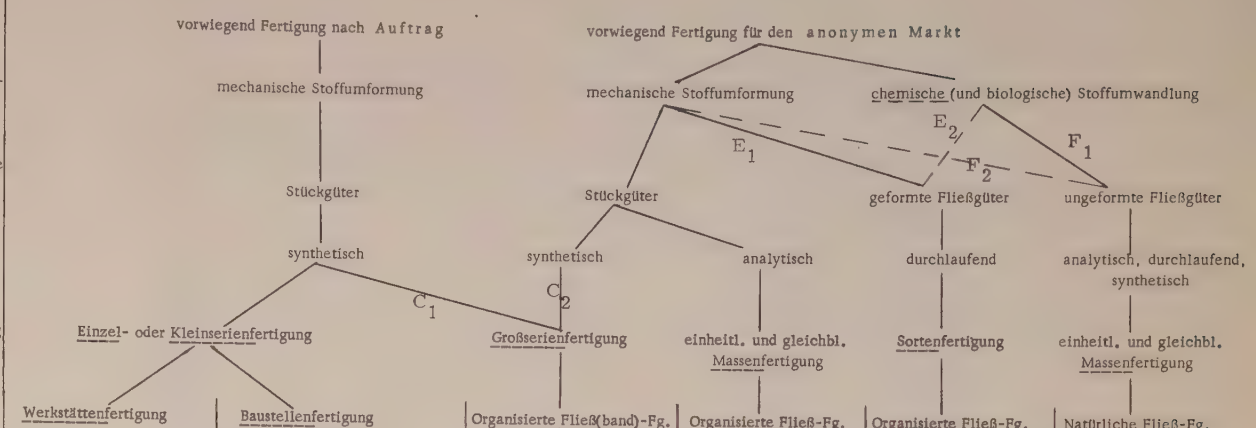
Vgl. die nächste Seite.

---

1) Vgl. Seite 3.

BILDUNG VON FERTIGUNGSTYPEN

unter Heranziehen der Merkmale, die den unterschiedlichen Inhalt der Fertigungsvorbereitung überwiegend bestimmen



MERKMALE	A	B1 B2	C1,2	D	E1,2	F1,2
FERTIGUNGS TYP	A	B1 B2	C1,2	D	E1,2	F1,2
BEISPIELE aus der Industrie	Bau von Werkzeugmaschinen wie z.B.: Drehbänke, Bohr-, Fräs-, Verpackungsmaschinen. "Klassischer Fall" der "Arbeitsvorbereitung". Herkömmlich sog. Meisterwirtschaft.	B1: Straßenbau, Tiefbau B2: Bau von Flugzeugen, Raketen, Turbinen, Lokomotiven, Waggons u.ä. schweren Fahrzeugen B1 und B2: Schiffsbau, Brückenbau, spezialisierte Einrichtungsindustrien	vorwiegend C1: Automobilbau (Endmontage) Konfektion vorwiegend C2: Elektr. Haushaltgeräte Schreibmaschinen Fahrräder Sanitäranlagen C1 und C2: Möbelindustrie Porzellanindustrie Schuhherstellung Textilien	Sägewerk Furnierherstellung Schlachthaus Zuschnitt von Leder und Stoffen	E1: Drahtzieherei Spinnerei Walzwerk E2, schwach synthetisch: Papiererzeugung Folienherstellung Färben Tauchlackieren Galvan. Oberflächenbehandlung Härten schwach analytisch: Reinigung Großwäscherei	F1, analytisch: Raffinerie Milchverarbeitung durchlaufend: Spritzguß synthetisch: pharm. Produkte F2, schwach synthetisch: Zementherstellung schwach analytisch: Mühle
SCHWERPUNKTE der Fertigungsvorbereitung	1. Ermitteln und Einhalten möglichst kurzer Lieferzeiten 2. Problem optimaler Fertigungslosgrößen 3. Schwierig, Bezugsgrundlagen für Leistungslohn zu finden 4. Vielfältiger Materialbedarf in relativ kleinen Mengen - kaum langfristige Materialplanung möglich 5. Optimierungsproblem: minimale Durchlaufzeiten - maximale Kapazitätsauslastung 6. Kurzfristige detaillierte Steuerung maschinell kaum durchführbar; häufig "manuelle" Eingriffe wegen Umdispositionen erforderlich	Zu B1 und B2: 1. Großer Anteil der Entwicklungsarbeit; Produktgestaltung bzw. Berechnungen jedesmal neu 2. Ermittlung des Fertigstellungstermins u.U. lange vor Fertigungsbeginn; laufende Terminüberwachung wichtig insbes. bei Vertragsstrafen 3. Oft sehr viele Zulieferer der verschiedensten Branchen 4. Zeitliches Abstimmen parallelgeschalteter Arbeiten; Terminrechnung mit Hilfe der Netzplantechnik Zu B1: 1. Einrichtung eines "Betriebes auf Zeit" 2. Problem der Witterungsabhängigkeit; Tendenz zu "innerer Fertigung". Dann evtl. schwieriger Transport zur Baustelle 3. Saisonal stark schwankende Inanspruchnahme der Anlagen und Arbeitskräfte 4. Zeitliches Abstimmen der Produktionsmittel und Arbeitergruppen zwischen parallelen Bauvorhaben 5. Terminierung der Materialanlieferung entsprechend dem Baufortschritt (insbes. bei knappem Lagerplatz)	1. Notwendigkeit, bis ins Detail durchdachter Produkte ("Serienreife") 2. Ermittlung der rationellsten Arbeitsverfahren und -folge 3. Genaue Anlagenplanung entsprechend dem vorgesehenen Ausstoß 4. Ermitteln und Bereitstellen des Materials: a) in richtiger Menge (Stücklistenauflösung) b) in richtiger Qualität c) zur richtigen Zeit (fertigungssynchron) 5. Problem der Austaktung 6. Vorbeugendes Ausschalten von Störungen (kumulierende Wirkung), z.B. durch globalen Werkzeugwechsel 7. Anlernen "ungelernter" Arbeitskräfte	1. Produktion ist quantitativ und qualitativ schwer beherrschbar. Meist organisches Ausgangsprodukt 2. Relativ viel Handarbeit von Fachkräften notwendig 3. Probleme der Ausbeute; Verwertung von Verschnitt und Abfällen	1. Schwergewicht liegt auf langfristiger Anlagenplanung 2. Bestimmung der optimalen Losgröße 3. Minimierung der Sortenwechselkosten 4. Gleichmäßige Anlagenauslastung - Vermeiden von Zwischenlagern	2. Wichtig ist Rohstoffsicherung: quantitativ, qualitativ, zeitlich und preismäßig 3. Tendenz zur Automation: selbsttätige Vorgabe, Überwachung und Korrektur der Reaktionsbedingungen (Steuer- und Regeltechnik; "real time processing")

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

a. BÜCHER:

Albach, Horst: Produktionsplanung auf der Grundlage technischer Verbrauchsfunktionen, Köln und Opladen 1962.

Andler, Kurt: Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße, München 1919 (als Diss. TH Stuttgart 1928 entstanden).

Arbeitskreis für Arbeitskunde der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen: Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb, Wiesbaden-Berlin-Düsseldorf 1965.

Arbeitskreis für Unternehmensorganisation der Wirtschaftsvereinigung Bauindustrie e.V. Nordrhein-Westfalen: Die Unternehmensorganisation in der Bauindustrie, Düsseldorf 1965.

Bauer, Max H.: Die Materialwirtschaft, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1949.

Beckmann, Liesel: Einführung in die Industriebetriebswirtschaftslehre, Stuttgart 1961.

Beste, Theodor: Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse im Vergleich zur Herstellung vereinheitlichter Erzeugnisse, Köln und Opladen 1957.

Betriebswirtschaftlicher Ausschuß der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.) Betriebswirtschaftliche Planung unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Chemischen Industrie, Wiesbaden 1965.

Böhrs, Hermann: Normalleistung und Erholungszuschlag in der Vorgabezeit, München 1959.

Böhrs, Hermann: Organisation des Industriebetriebes, Wiesbaden 1963.

Bohr, Kurt: Zur Produktionstheorie der Mehrproduktunternehmung. Traditionelle Theorie und Lineare sowie Nichtlineare Programmierung, Köln und Opladen 1967.

Brandt, Horst: Investitionspolitik des Industriebetriebs, Wiesbaden 1959.

Brunner, Manfred: Planung in Saisonunternehmungen. Zeitliche Abstimmung zwischen Fertigungs- und Absatzvolumen bei saisonalen Absatzschwankungen, Köln und Opladen 1962.

Carson, Gordon B. (Hrsg.): Production Handbook, New York 1958, 2. Aufl. 1959.

Castan, Edgar: Typologie der Betriebe, Stuttgart 1963. Sammlung Poeschel, Betriebswirtschaftliche Studienbücher, Hsg. v. Hans Seischab. Reihe I: Grundlagen.

Churchmann, C.W./Ackoff, R.L./Arnoff, E.L.: Operations Research. Eine Einführung in die Unternehmensforschung, Wien-München 1961, 4. Aufl. 1968.

Dinkelbach, Werner: Zum Problem der Produktionsplanung in Ein- und Mehrproduktunternehmen, Würzburg-Wien 1964.

Dürr, Karl: Die Bemessung der Auflage in der Serienfabrikation, Bern 1952.

Eicke, Karl: Arbeitsvorbereitung im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Organisation, Wiesbaden 1952.

Eilon, Samuel: Elements of Production Planning and Control, New York 1962.

Ellinger, Theodor: Ablaufplanung. Grundfragen der Planung des zeitlichen Ablaufs der Fertigung im Rahmen der industriellen Produktionsplanung, Stuttgart 1959.

Feuerbaum, Ernst: Die Zubringer- und die Montageindustrie, eine Form industrieller Arbeitsteilung, Berlin 1956.

Funke, Hermann: Die Betriebswirtschaft im Maschinenbau und in verwandten Industrien, 2. Aufl., Freiburg i. Brsg. 1955.

Funke, H./Blohm, H.: Allgemeine Grundzüge des Industriebetriebes, Essen 1952.

Dr. Gablers Wirtschaftslexikon: Hrsg. v. Dr. R. Sellien und Dr. H. Sellien, 2 Bände, 6. Auflage, Wiesbaden 1965.

Graf, Otto: Arbeitsphysiologie, Wiesbaden 1960.

Grochla, Erwin: Materialwirtschaft, Wiesbaden 1958.

Gutenberg, Erich: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, 1. Band, Die Produktion, (1. Aufl. 1951), 6. Aufl. 1961 und 12. Auflage, Berlin-Heidelberg-New York 1966.

Haller, Heinz: Typus und Gesetz in der Nationalökonomie, Stuttgart und Köln 1950.

Hammer, Helmut: Integrierte Produktionssteuerung mit Modularprogrammen, Erfahrungen - Probleme - Möglichkeiten, Wiesbaden 1970.

Hartmann, Bernhard: Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, Freiburg i. Brsg. 1961.

Hartmann, Bernhard: Elektronische Datenverarbeitung für Klein- und Mittelbetriebe, Freiburg i. Brsg. 1966.

Hempel, C.G./Oppenheim, P.: Der Typusbegriff im Lichte der neuen Logik. Leiden 1936.

Henglein, F.A.: Grundriß der chemischen Technik, 11. Aufl., Weinheim 1963.

Hennig, Karl Wilhelm: Betriebswirtschaftslehre der industriellen Erzeugung, 4. Aufl.,Wiesbaden 1963.

Hessen, Johannes: Lehrbuch der Philosophie, 1. Bd.: Wissenschaftslehre, 3. Aufl. München-Basel 1964.

Hofmann, Rolf: Planung und Projektierung automatisierter Anlagen, Hamburg 1958.

Hoppmann, Hans: Die rationelle Gestaltung der chemisch-technischen Produktion, Berlin 1934.

Hoss, Klaus: Fertigungsablaufplanung mittels operationsanalytischer Methoden unter besonderer Berücksichtigung des Ablaufplanungsdilemmas in der Werkstattfertigung, Würzburg-Wien 1965.

Hütte: Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshütte). Hrsg. v. Akad. Verein Hütte e.V., 2 Bände, 5. Aufl., Berlin 1957.

Kalveram, Wilhelm: Industriebetriebslehre, 7. Aufl., Wiesbaden 1960.

Kern, Werner: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung. Grundlagen und Verfahren, Köln und Opladen 1962.

Knayer, Manfred: (Bearb.): Arbeitsvorbereitung, Fertigungsplanung und Fertigungssteuerung in USA. Heft 63 des RKW-Auslandsdienstes, München 1959.

Knecht, Volker: Terminwesen und Lagerhaltung in der Massenfertigung. Rechnerische Unterlagen und Verfahren zur Betriebsüberwachung, 2. Aufl., Berlin/Göttingen/Heidelberg 1951.

Koch, Helmut: Betriebliche Planung, Grundlagen und Grundfragen der Unternehmungspolitik, Wiesbaden 1961.

Kölbel, H./Schulze, J.: Projektierung und Vorkalkulation in der chemischen Industrie, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960.

Kortzfleisch, Gert von: Betriebswirtschaftliche Arbeitsvorbereitung, Berlin 1962. Abhandlungen aus dem Industrieseminar der Universität zu Köln. Hsg. v. Prof. Dr. Dr. h.c. Theodor Beste, Heft 15.

Kosiol, Erich: Untersuchungen zur Aufbauorganisation der Arbeitsvorbereitung und des Einkaufs industrieller Unternehmungen, Berlin 1960.

Krüger, Kurt: Optimale Projektfortschrittsplanung, Berlin-Köln-Frankfurt a.M. 1962.

Lauke, H.L.: Die Leistungsabstimmung bei Fließarbeit, München und Berlin 1928.

Leitner, Friedrich: Wirtschaftslehre des Industriebetriebes, Frankfurt a.M. 1944.

Marx, Werner: Absatzmengen- und Losgrößenbestimmungen im Sortenbetrieb. Band 17 der Schriften zur wirtschaftswissenschaftlichen Forschung, Meisenheim am Glan 1966.

Mathieu, J./Dickhut, E.O./Kaps, K.-H.: Der standardisierte kalkulatorische Verfahrensvergleich und seine Durchführung mit Hilfe von Lochkarten, Köln und Opladen 1965.

Mathieu, J./Jung, J.H.: Rechenprogramm und Beispielrechnung zur Planung der Maschinenbelegung in einer Fertigungsstufe, Köln und Opladen 1963.

Mathieu/Jung/Behnert: Ein Verfahren zur Planung der Maschinenbelegung in einer Fertigungsstufe, Köln und Opladen 1963.

Mathieu, J./Lehmann, S.: Eigenarten der industriellen Mehrstellenarbeit, Köln und Opladen 1963.

Maynard, H.B. (Hrsg.): Handbuch des Industrial Engineering, Gestaltung, Planung und Steuerung industrieller Arbeit, Deutsche Ausgabe Berlin-Köln-Frankfurt, o.J., (amerikanische Originalausgabe o.O., 1956).

Mecklenburg, H./Speidel, M.: Arbeitsvorbereitung für Baustellen, Heft 2 der Schriftenreihe "Arbeitskunde im Baubetrieb", Wiesbaden 1961.

Mellerowicz, Konrad: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, 5. Aufl. (1. Aufl. Freiburg i. Brsg. 1957), Band 1 und 2.

Mellerowicz, Konrad: Kosten und Kostenrechnung, Band 1: Theorie der Kosten, 4. Aufl. Berlin 1963 (1. Aufl. Berlin-Leipzig 1933).

Mellerowicz, Konrad: Planung und Plankostenrechnung. Band 1: Betriebliche Planung, Freiburg i. Brsg. 1961.

Mertens, Peter: Industrielle Datenverarbeitung, Wiesbaden 1969.

Meyer, Gerhard: Die Auftragsgröße in Produktions- und Absatzwirtschaft, Leipzig 1941.

Moll/Simon/Herodl/Frenz: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, Heft 68 der Schriftenreihe der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund, o.J. (1963).

Nordwestdeutscher Arbeitskreis für Arbeitsbewertung in der Textilindustrie (Hrsg.): Arbeitsbewertung für die Textilindustrie, München 1957.

Ohse, Hermann: Wirtschaftliche Probleme industrieller Sortenfertigung, Bd. 1 und 2, Köln und Opladen 1963.

Pedell, Karl Ludwig: Elektronische Informationsverarbeitung und Fertigungssteuerung. Ein Beitrag zur betrieblichen Verfahrensforschung in der mehrstufigen Fertigung, München-Wien 1965.

Pentzlin, Kurt: Rationelle Produktion. Methodik, Grundregeln und praktische Beispiele, 2. Aufl., Kassel 1950.

Pfeiffer, Werner: Absatzpolitik bei Investitionsgütern der Einzelfertigung, Stuttgart 1965.

Pristl, Ferdinand: Arbeitsvorbereitung.
1. Teil: Betriebswirtschaftliche Vorüberlegungen, werkstoff- und fertigungstechnische Planungen.
2. Teil: Der Mensch, seine Leistung und sein Lohn. Die technische und betriebswirtschaftliche Organisation.
2. Aufl., Berlin/Göttingen/Heidelberg 1958 (3. Aufl.1964)

Raible, Franz: Erfolgreiche Fertigungslenkung, Stuttgart 1961.

Reddewig, G./Dubberke, H.-A.: Einkaufsorganisation und Einkaufsplanung, Wiesbaden 1959.

Reichmann, Thomas: Die Abstimmung von Produktion und Lager bei saisonalem Absatzverlauf, Band 29 der Beiträge zur betriebswirtschaftlichen Forschung, Köln und Opladen 1968.

Riebel, Paul: Die Elastizität des Betriebes. Eine produktions- und marktwirtschaftliche Untersuchung, Band 1 der Beiträge zur betriebswirtschaftlichen Forschung, Köln und Opladen 1954.

Riebel, Paul: Industrielle Erzeugungsverfahren in betriebswirtschaftlicher Sicht, Wiesbaden 1963.

Sandig, Curt: Betriebswirtschaftspolitik, 2., völlig neu bearbeitete Auflage von "Die Führung des Betriebes. Betriebswirtschaftspolitik", Stuttgart 1966.

Schäfer, Erich: Die Unternehmung. Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, 7. Aufl., Köln und Opladen 1970, 1. Aufl. 1949.

Schütz, Werner v.: Organische Betriebsgestaltung, 2. Aufl., Essen 1953. (1. Aufl. 1934; Titel: Die Fabrik als Organismus).

Schwarz, Horst: Grundfragen der Abstimmung von Materialbeschaffung, Fertigung und Vertrieb, Freiburg i. Brsg. 1959.

Spriegel, William R.: Principles of Business Organization and Operation, 2. Aufl., Englewood Cliffs 1956.

Stähly, Paul: Kurzfristige Fabrikationsplanung in der industriellen Werkstattfertigung, Würzburg-Wien 1964.

Struckmann, Günter: Die Arbeitszeitplanung in Industriebetrieben. Ein Beitrag zur Diskussion über die Arbeitszeitverkürzung, Berlin 1960.

Sundhoff, Edmund: Grundlagen und Technik der Beschaffung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Essen 1958.

Taylor, Frederick W.: Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung (The Principles of Scientific Management), deutsche Ausgabe von R. Roesler, München und Berlin 1913.

Taylor, F.W./Wallichs, A.: Die Betriebsleitung insbesondere der Werkstätten, deutsche Ausgabe von "Shop management", 2. vermehrte Aufl., Berlin 1912.

Tietz, Bruno: Bildung und Verwendung von Typen in der Betriebswirtschaftslehre, dargelegt am Beispiel der Typologie der Messen und Ausstellungen, Nr. 13 der Schriften zur Handelsforschung, Köln und Opladen 1960.

Troll, W.: Gestalt und Urbild, 2. Aufl., Halle 1942.

Wagner, Gerhard: Netzplantechnik in der Fertigung. Planung und Steuerung industrieller Projekte und deren Produktionsablauf, Zeit-, Kapazitäts- und Kostenplanung, München 1968.

Weber, Helmut: Die Planung in der Unternehmung. Heft 19 der Nürnberger Abhandlungen zu den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Berlin 1963.

Weblus, Bernhard: Produktionseigenarten der chemischen Industrie, ihr Einfluß auf Kalkulation und Programmgestaltung. Zugleich eine Studie für Vielproduktbetriebe, Berlin 1958.

Wille/Gewald/Weber: Netzplantechnik, Methoden zur Planung und Überwachung von Projekten, Bd. 1: Zeitplanung, 2. Aufl., München-Wien 1967.

Wrba, Max: Industrielle Betriebswirtschaft und praktische Betriebsführung, München 1949.

Wundt, Wilhelm: Logik, II. Band: Logik der exakten Wissenschaften, 4. Aufl., Stuttgart 1920.

b. AUFSÄTZE IN SAMMELWERKEN

Böhrs, Hermann: Die Organisation des Arbeitsablaufs, in: Das REFA-Buch, Band 1, Arbeitsgestaltung, 9. Aufl., München 1960, S. 50 - 74.

Bramesfeld, Erwin: Bewegungs- und Zeitstudien, Beitrag im HWB, Bd. I, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 1055 - 1059.

Bussmann, Karl F.: Die Fertigungssteuerung in Industriebetrieben als Funktion der Fertigungstypen, in: Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftspraxis, Festschrift für K. Mellerowicz. Berlin 1961, S. 63 - 80.

Bussmann, Karl F.: Fertigungsplanung, Beitrag im HWB, Bd. I, 3. Auflage Stuttgart 1956, Sp. 1742 - 1749.

Grundmann, Hans G.: Die Mehrkosten bei der Verpackung kleiner Aufträge in der pharmazeutischen Industrie, in: Die Mehrkosten bei der Herstellung ungängiger Erzeugnisse im Vergleich zur Herstellung vereinheitlichter Erzeugnisse, hrsg. v. Th. BESTE, Köln und Opladen 1957, S. 183 - 188.

Gutenberg, Erich: Sortenproblem und Losgröße, Beitrag im HWB, Bd. III, 3. Aufl., Stuttgart 1960, Sp. 4897 - 4906.

Hax, Karl: Industriebetrieb, Beitrag im HdSw, Stuttgart-Tübingen-Göttingen 1956, Band 5, S. 243 - 257.

Hennig, Karl-Wilhelm: Arbeitsvorbereitung, Beitrag im HWB, Bd.I, 3. Aufl., Stuttgart 1956, Sp. 243 - 248.

Kalveram, Wilhelm jr.: Arbeitsvorbereitung. Beitrag in: Die Führung des Betriebes. Festschrift zum 60. Geburtstag von Wilhelm Kalveram, hrsg. v. Karl Theisinger, Berlin-Wien 1942, S. 239 - 249.

Lacher, Ludwig: Arbeitsvorbereitung, Beitrag im Betriebsleiter-Handbuch, München 1963, S. 261 - 386.

Lücke, Wolfgang: Produktionsplanung, Beitrag im HdSw, Stuttgart-Tübingen-Göttingen 1956, Band 8, S. 574 - 582.

Muther, Richard: Fließende Fertigung, Beitrag im Handbuch des Industrial Engineering, hrsg. v. H.B. Maynard, deutsche Ausgabe Berlin-Köln-Frankfurt, o.J., (amerikanische Originalausgabe o.O., 1956), S. 139 - 182.

Oberhoff, Eugen: Arbeitsstudien, Beitrag im Betriebsleiter-Handbuch, München 1963, S. 387 - 436.

Riedel, Johannes: Arbeit im Betriebe; Beitrag im HWB, Bd. 1, 2. Aufl., Stuttgart 1938, Sp. 126 - 189.

Schäfer, Erich: Absatzwirtschaft, Beitrag im HdW, Bd. I Betriebswirtschaft, Köln und Opladen 1958, S. 301 - 379.

Schäfer, Erich: Grundfragen der Betriebswirtschaftslehre, Beitrag im HdW, Bd. I Betriebswirtschaft, Köln und Opladen 1958, S. 9 - 48.

c. AUFSÄTZE IN ZEITSCHRIFTEN

Abromeit, Hans-Günther: Methoden und Probleme bei der Planung der Maschinenanordnung, in: BFuP 1953, S. 31 - 36.

Adam, Dietrich: Simultane Ablauf- und Programmplanung bei Sortenfertigung mit ganzzahliger linearer Programmierung, in: ZfB, 33. Jg. 1963, S. 233 - 245.

Andler, Kurt: Die wirtschaftliche Auftragsmenge für Fertigung und Lager, in: Das Industrieblatt, 51. Jg. 1951, S. 89 - 91 und 131 - 133.

Arnold, H./Wolters, M.: Die maschinelle Fertigungsdisposition, Teil 5: Maschinenbelastung und Kapazitätsausgleich, in: Elektronische Rechenanlagen, Zeitschrift für Technik und Anwendung der Nachrichtenverarbeitung in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung, München und Wien, 3. Jg. 1961, S. 66 ff.

AWF: Begriffserklärungen: Fertigungsplanung - Fertigungssteuerung (Arbeitsvorbereitung), in: ZwF, (Mitteilungen des AWF), 1960/9, S. 396 - 401.

Baldus, Theodor: Die Planung der Betriebsbelastung bei Betrieben mit wiederkehrender und wechselnder Fertigung, in: ZfB, 24. Jg. 1954, S. 637 - 641.

Budil, W.: Die Praxis der Netzplantechnik, in: Industrielle Organisation, 33. Jg. 1964, S. 303 - 316.

Coenenberg, Adolf G.: Möglichkeiten des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug von Vorratsgütern, in: ZfB, 37. Jg. 1967, S. 268 - 284.

Drees, Gerhard: Die Organisation und Kontrolle des Maschineneinsatzes im Baubetrieb, in: Baumaschinen und Bautechnik, 6. Jg. 1959, S. 335 - 342.

Durth, Walter: Anwendung der Netzplantechnik beim Bau eines Autobahnknotens, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 636 - 641.

Eisfeld, Curt: Zur Lehre von der Gestaltung der Unternehmung, in: ZfhF, N.F., 3. Jg. 1951, S. 289 - 320 und 337 - 353.

Fllinger, Theodor: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in: ZfhF, N.F., 15. Jg. 1963, S. 481 - 498.

Fabry, Charles W.: Mathematische Serienplanung. Die Theorie des Planens der Arbeitskräfte, die Planungselemente und deren Zusammenhänge, in: Werkstatt und Betrieb, 87. Jg. 1954, S. 277 - 281.

Gabbe, H./Bubeck, P.: Netzplantechnik mit dem PERT-Cost-Verfahren, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 612 - 619.

Goebel, G./Kleinsteuber, W.: Anwendung der optimalen Losgröße auf einen logarithmisch-normalverteilten Bedarf, in: ZfhF, 15. Jg. 1963, S. 499 - 514.

Gubitz - Kuczewski: Ergebnisbericht des Arbeitskreises Gubitz-Kuczewski der Schmalenbach-Gesellschaft, in: ZfhF, N.F., 11. Jg. 1959, S. 563 - 602.

Gutenberg, Erich: Anmerkungen zur Frage der Gestaltung industrieller Produktionsprogramme, in: ZfB, 34. Jg. 1964, S. 667 - 675.

Hasenack, Wilhelm: Vierzig Thesen zum Kapazitätsproblem, in: Handelsblatt Nr. 46 v. 20.11.1947.

Hax, Herbert: Investitions- und Finanzplanung mit Hilfe der linearen Programmierung, in: ZfbF, 16. Jg. 1964, S. 430-446.

Hax, Herbert: Lineare Planungsrechnung und Simplexmethode als Instrumente betriebswirtschaftlicher Planung, in: ZfhF, 12. Jg. 1960, S. 578 - 605.

Heimann, K.W.: Neue Verfahren auf dem Gebiete der Gießtechnik, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1721 - 1725.

Heuer, G./Köster, W.: Einführung in die Netzplantechnik, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 602 - 606.

Heuer, G./Köster, W.: Netzplantechnik mit dem CPM-Verfahren, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 606 - 612.

Ickert, Johannes: Die Konstruktionsgrundsätze für den Aufbau eines rationellen Erzeugnisprogramms, in: VDI-Zeitschrift 103. Jg. 1961, S. 1261 - 1268.

Jacob, H.: Neuere Entwicklungen in der Investitionsrechnung, in: ZfB, 34. Jg. 1964, S. 487 - 507 und S. 551 - 594.

Jochem, Alfons: Praktische Erfahrungen mit der Netzplantechnik beim Bau verfahrenstechnischer Großanlagen, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 625 - 632.

Kahl, Hans-Peter: Beschäftigungs- und Auflagenumfang als Kriterien der Verfahrensauswahl, in: ZfB, 37. Jg. 1967, Ergänzungsheft 1, S. 75 - 102.

Kern, N.: Programme für die Netzberechnung auf Rechenautomaten, in: Ablauf- und Planungsforschung, 6. Jg. 1965, S. 250 - 264.

Kirchner, E.: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen der Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger, 85. Jg. 1963, S. 714 - 720.

Knoblich, Hans: Die Typologie der Waren als Kernstück einer wirtschaftlichen Warenlehre, in: ZfbF, 17. Jg. 1965, S. 686 - 712.

Krelle, W.: Überblick über die Problemgruppen der Unternehmensforschung und den Stand der Anwendung, in: ZfhF, 13. Jg. 1961, S. 335 - 353.

Kuhn, Alfred: Zur Losgrößenbestimmung unter Nebenbedingungen, in: ZfB, 36. Jg. 1966, S. 247 - 259.

Leeb, Manfred: Netzplantechnik bei mehreren gleichzeitig laufenden unterschiedlichen Projekten, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 642 - 643.

Leffson, Ulrich: Leasing beweglicher Anlagegüter, in: ZfbF, 16. Jg. 1964, S. 396 - 413.

Leitherer, Eugen: Die typologische Methode in der Betriebswirtschaftslehre - Versuch einer Übersicht, in: ZfbF 17. Jg. 1965, S. 650 - 662.

Lipka, Wilhelm: Kostenvergleiche an Werkzeugmaschinen für die Bearbeitung gleicher Werkstücke bei unterschiedlichen Fertigungsmöglichkeiten, in: ZwF, 59. Jg. 1964, S. 268 - 269.

Lücke, Wolfgang: Die optimale Auflegungszahl, in: ZfB 27. Jg. 1957, S. 344 - 360.

Masini, Carlo: Die Serienproduktion. Ein Beitrag zur Lehre von der Planung des Kombinationsprozesses in den modernen Unternehmungen, in: ZfhF 13. Jg. 1961, S. 213 - 239.

Mertens, P.: Netzwerktechnik als Instrument der Planung, in: ZfB, 34. Jg. 1964, S. 382 - 407.

Nowak, Paul: Bestimmung der Betriebsindividualität mit Hilfe von Betriebsgliederungen, in: ZfhF, N.F., 6. Jg. 1954, S. 484 - 499.

Opitz, H.: Stand und Bedeutung der Technologie der Fertigungsverfahren, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1709 - 1720.

Orth, Ludwig: Die Eignung der Losgrößenformel als Instrument der Produktionsplanung, in: ZfhF, 13. Jg. 1961, S. 738 - 749.

Pack, Ludwig: Optimale Bestellmenge und optimale Losgröße, in: ZfB, 33. Jg. 1963, S. 465 - 492 und 573 - 594.

Pristl, Ferdinand: Arbeitsplanung bei Serien- und Massenfertigung, in: Werkstatt und Betrieb, 81. Jg. 1948, S. 205 - 210.

Raiser, B.: Teilefamilienfertigung im Einzelmaschinen- und Apparatebau, in: Industrie-Anzeiger, 85. Jg. 1963, S. 730 - 735.

Reche, Kurt: Planung und Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen in einem elektrotechnischen Großunternehmen, in: ZfhF, 13. Jg. 1961, S. 367 - 385.

Riebel, Paul: Das Problem der minimalen Auftragsgröße, in: ZfhF, 12. Jg. 1960, S. 647 - 685.

Riebel, Paul: Mechanisch-technologische und chemisch-technologische Industrien in ihren betriebswirtschaftlichen Eigenarten, in: ZfhF, N.F., 6. Jg. 1954, S. 413 - 435.

Riebel, Paul: Typen der Markt- und Kundenproduktion in produktions- und absatzwirtschaftlicher Sicht, in: ZfbF, 17. Jg. 1965, S. 663 - 685.

Riebel, Paul: Umgestaltung des Produktionsbereiches in wachsenden Industrieunternehmungen, in: ZfbF, 16. Jg. 1964, S. 210 - 233.

Riedelbauch, Hans: Partie- und Chargenfertigung in betriebswirtschaftlicher Sicht, in: ZfhF, N.F., 9. Jg. 1957, S. 532 - 553.

Riemschneider, Gerhard: Das Ersatzteilwesen als betriebswirtschaftliche Aufgabe, in: ZfhF, 15. Jg. 1963, S. 109 - 120.

Rüping, J./Rösch, W.: Netzplantechnik beim Bau der Universität Bochum, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 620 - 624.

Schäfer, Erich: Losgröße und Kostengestaltung, in: ZfB, 8. Jg. 1931, S. 823 - 832.

Schäfer, Erich: Produktionswirtschaft und Absatzwirtschaft, in: ZfhF, N.F., 15. Jg. 1963, S. 537 - 548.

Schamburger, R./Wille, H.: Anwendung der Netzplantechnik beim Bau von Kernkraftwerken, in: VDI-Zeitschrift, 108. Jg. 1966, S. 633 - 636.

Schneider, Dieter: "Lernkurven" und ihre Bedeutung für Produktionsplanung und Kostentheorie, in: ZfbF, 17. Jg. 1965, S. 501 - 510.

Schweitzer, Marcell: Beitrag zur optimalen Terminierung, in: ZfB, 36. Jg. 1966, S. 41 - 52.

Stahlknecht, Peter: Anwendungen der Unternehmensforschung in der Praxis, in: ZfbF, N.F., 19. Jg. 1967, S. 485 - 494.

Steinmann, Helmut: Rationalisierung in der Einzel- und wechselnden Kleinserienfertigung durch Zusammenfassung von Ähnlichkeitsteilen, in: Berichtsheft zum 11. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1962, S. 1753 - 1758.

Weber, Helmut: Die Spannweite des betriebswirtschaftlichen Planungsbegriffs, in: ZfbF, 16. Jg. 1964, S. 716 - 724.

Weiss, Kurt: Die wirtschaftliche Bestellmenge, in: ZfbF, 19. Jg. 1967, S. 381 - 391.

d. DISSERTATIONEN

Adam, Dietrich: Produktionsplanung bei Sortenfertigung. Ein Beitrag zur Theorie der Mehrproduktfertigung, Diss. Hamburg 1965.

Bartzsch, Wolf H.: Theorie der optimalen Losgröße und der Versuch einer Verifizierung am Beispiel der Möbelfabrik, Diss. Mannheim 1957.

Bracht, Josef: Untersuchungen über die Arbeitsvorbereitung in der Eisen verarbeitenden Industrie, Diss. Köln 1949.

Danner, Dietrich: Die Ablaufplanung mehrstufiger diskontinuierlicher Prozesse, Diss. Mannheim 1963.

Dischner, Karl-Horst: Die Bestimmung der wirtschaftlichen Produktions- und Absatzmenge bei industrieller Sortenfertigung unter Anwendung der Linearen Programmierung, Diss. Mannheim 1960.

Dörken, Klaus: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung der Arbeitsvorbereitung im Industriebetrieb, Diss. Wien 1959.

Döttl, Alfred: Die Grundlagen einer Betriebswirtschaftslehre der Arbeitsvorbereitung, Diss. Erlangen 1952.

Enßlin, Gerold: Typologie der Industriebetriebe, Diss. Mainz 1964.

Ernst, Dietrich: Die Beschaffung des Industriebetriebes in entwicklungsgeschichtlicher und typologischer Betrachtung, dargestellt am Beispiel der Maschinenindustrie und chemischen Industrie, Diss. Nürnberg 1963.

Hinsel, Dieter: Fertigungssysteme in der Industrie. Ihre Gliederung unter technisch-ökonomischen Gesichtspunkten und ihre schaubildliche Darstellung. Ein Beitrag zur Betriebstypologie, Diss. Nürnberg 1955.

Horrmann, Hermann: Die Bildung von Betriebstypen der Industrie, Diss. Nürnberg 1953.

Jung, Johann H.: Beitrag zum Problem der Maschinenbelegungsplanung bei einstufiger Fertigung, Diss. TH Aachen 1962.

Kaps, Karl-Heinz: Die Bedeutung der Lagerhaltung für die Produktionsplanung in Industriebetrieben, Diss. Aachen 1964.

Köhler, Erich: Arbeitsvorbereitung und wirtschaftliche Gestaltung der Fertigung, Diss. München 1951.

Krawczyk, Leopold: Die Baustellenfertigung als Fertigungssystem, Unveröffentl. Dipl.-Arbeit Nürnberg 1963.

Müller-Merbach, Heiner: Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung, Diss. TH Darmstadt 1962.

Niekau, Gerd: Der Versuch einer Abgrenzung von Betriebswirtschaft und Technik auf dem Gebiet der Arbeitsvorbereitung industrieller Unternehmungen, Diss. München 1953.

Nowak, Gerhard: Fließarbeit und ihre Organisation, Diss. Berlin 1959.

Peters, Bernd: Die Bestimmung der optimalen Losgröße. Eine Anwendung der Nichtlinearen Programmierung, Diss. Göttingen 1961.

Pfaffenberger, Ulrich: Probleme der Produktionsplanung bei Mehrprodukten-Mehrstufenfertigung, Diss. Tübingen 1963.

Schieferer, Günther: Die Vorplanung des Anlaufs einer Serienfertigung, Diss. Stuttgart 1957.

Schlüter, Hartmann: Untersuchungen zum Problem der optimalen Losgröße, Diss. Frankfurt a.M. 1958.

Schnell, Karl: Die Arbeitsvorbereitung im Industriebetrieb, Diss. Hamburg 1954.

Schulz, Jürgen: Das Wesen der Arbeitsvorbereitung und ihre Stellung in der industriellen Fertigung, Diss. Hamburg 1964.

Schweitzer, Marcell: Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, Diss. Berlin 1962.

Thünken, Werner: Die Auftragszusammensetzung in der industriellen Fertigung, Diss. Köln 1955.

Trapp, Ernst J.: Über den wirtschaftlichen Einsatz moderner Erdbaumaschinen, Diss. Berlin 1964.

Weis, Otto: Die Automatisierung der industriellen Fertigung. Eine produktionswirtschaftliche Untersuchung, Diss. Nürnberg 1961.

Wolf, W.: Maßnahmen zur Senkung der Sortenwechselkosten, Diss. Erlangen, Sonderdruck aus der Zeitschrift BFuP 1956, Heft 7/8, Wolfenbüttel o.J.

e. SONSTIGE VERÖFFENTLICHUNGEN

Buddeberg, Hans: Anwendung der typologischen Methode in der Betriebswirtschaftslehre, Antrittsvorlesung, gehalten an der Universität Köln am 29.6.1954, abgedruckt in: Mitteilungen des Instituts für Handelsforschung an der Universität zu Köln vom 15.12.1954 (Nr. 20), S. 345 - 351.

Elenz, H./Weber, G.: Untersuchungen und Organisation des Terminwesens im Maschinenbau bei Einzel- und Kleinserienfertigung, IBM-Fachbibliothek, Sindelfingen 1965, (IBM Form 78 146).

IBM Deutschland: Die Fertigungssteuerung bei der IBM Deutschland, Sindelfingen 1969, (IBM Form Nr. 71 416-2).

IBM Deutschland: Einführungsschrift IBM-Stücklistenprozessor. Ein zentrales Informationssystem für Fertigungsbetriebe, Schriftenreihe IBM DP-Anwendungen, 1966, (IBM Form 71 454-0).

IBM Deutschland: Fertigungsplanungs- und Steuerungsverfahren für Serienerzeugnisse mit Saisoncharakter, Schriftenreihe IBM DP-Anwendungen, 1966, (IBM Form 80 607).

IBM Deutschland: Stücklistenorganisation mit Lochkarten, Stichworte und Abbildungen zu einem Referat, o.J., (IBM Form 70 062-1).

Littger, Kurt: Bearbeitung komplexer Reihenfolgeprobleme mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, IBM Fachbibliothek 1963, (IBM Form 78 100).

Littger, Kurt: Feinplanung linearer Prozesse in der Serienfertigung, Sindelfingen 1964, (IBM Form 80 541).

Lotz, E.G.: Optimale Maschinengruppenbelegung und Auswahl der Maschinenanzahl in einer Serienfertigung bei Werkstattorganisation, IBM Deutschland 1965, (IBM Form 80 525).

Schäfer, E.: Dankrede anläßlich der Verleihung der Ehrendoktorwürde der Technischen Universität Berlin an die Herren Professor Dr. Schäfer und Wirtschaftsprüfer Rätsch, 8. Dezember 1958, hrsg. v. Rektor und Senat der Technischen Universität Berlin, S. 20 - 23, o.O., o.J. (Berlin 1959).

L E B E N S L A U F

Am 11. Dezember 1939 wurde ich als Sohn des Textil-Unternehmers Emil Keim und seiner Ehefrau Else, geb. Steiner in Sindelfingen geboren. Mein Vater starb 1941 als Soldat; 1949 verheiratete sich meine Mutter wieder mit Erich Pfitzer, heute Prokurist einer Automobilfirma.

Von 1946 bis 1950 besuchte ich die Grundschule in Sindelfingen, anschließend das Goldberg-Gymnasium Böblingen-Sindelfingen, wo ich 1959 die Reifeprüfung bestand.

Nach einem jeweils halbjährigen technischen und kaufmännischen Praktikum studierte ich neun Semester Wirtschaftswissenschaften an den Universitäten München und Erlangen-Nürnberg. Zu Beginn des Wintersemesters 1964/65 legte ich in Nürnberg die Diplomprüfung für Kaufleute mit der Gesamtnote "gut" ab.

Nachdem mich Herr Professor Dr. Erich Schäfer im Frühjahr 1965 zur Promotion angenommen hatte, arbeitete ich zeitweise in verschiedenen Betrieben, um die Probleme der Fertigungsvorbereitung auch von der Praxis her kennenzulernen. Seit Anfang 1969 werde ich als Angestellter einer internationalen Unternehmung der Computerindustrie in elektronischer Datenverarbeitung ausgebildet.

BAMBERGER FOTODRUCK · RUDOLF RODENBUSCH
8600 BAMBERG · Pödeldorferstr. 88 Telefon 0951/31299